

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АРХИТЕКТУРЫ, ДИЗАЙНА И СТРОИТЕЛЬСТВА
Кафедра «Строительство»

ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Учебно-методическое пособие
для студентов специальности
«Водоснабжение и водоотведение»

Бишкек 2020

УДК 628.33(075.8)

ББК 38.761.2

О 23

Рецензенты:

Г.И. Логинов, д-р техн. наук, профессор,
Т.М. Касымов, канд. техн. наук, проректор
по уч.-восп. работе МУИТ

Рекомендовано к изданию кафедрой «Строительство»
и Ученым советом ФАДиС КРСУ

Составители:

С.Т. Иманбеков, *Э.Б. Ибраимова*,
Р.Ш. Мамбетова, *К.Т. Абдылдабеков*

О 23 ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД: учеб.-метод.
пос. для студ. спец. «Водоснабжение и водоотведение» /
С.Т. Иманбеков, Э.Б. Ибраимова, Р.Ш. Мамбетова,
К.Т. Абдылдабеков. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2020. Библ.:
22 назв.; табл. 6; рис. 8. – 110 с.

ISBN 978-9967-19-695-7

В учебно-методическом пособии приводятся данные по образованию и составу осадков сточных вод, методов их обработки и утилизации.

Пособие предназначено для студентов специальности «Водоснабжение и водоотведение», изучающих дисциплины «Очистка городских сточных вод», «Очистка промышленных сточных вод», «Переработка отходов водоснабжения и водоотведения», а также выполняющих курсовой проекты «Наружные системы и сооружения водоотведения» и «Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий».

Пособие может быть полезно специалистам, занимающимся вопросами обработки и утилизации осадков сточных вод.

О 3802000000-19

УДК 628.33(075.8)

ББК 38.761.2

ISBN 978-9967-19-695-7

© ГОУВПО КРСУ, 2020

ВВЕДЕНИЕ

В процессе очистки сточных вод практически любого вида (хозяйственно-бытовые; промышленные; ливневые; смешанные) образуются осадки [1–3]. Обработка осадков является одной из наиболее технологически сложных и самой дорогостоящей частью очистных станций (в том числе станций аэрации) и комплексов [4].

Специалисты в области очистки сточных вод пытаются создать систему комплексной оценки образующихся осадков, которая позволила бы определить наилучшие условия получения осадков для их обезвоживания и дальнейшей переработки. В практике пока все сводится к процессам обезвоживания осадков. По мнению академика С.В. Яковлева и др. [5], все свойства и характеристики осадков могут быть разделены на три большие группы:

- *технологические*, характеризующие количество образующихся осадков, способность осадков к сгущению, обезвоживанию, транспортировке, сушке;
- *утилизационные*, характеризующие пригодность осадков к утилизации в той или иной отрасли промышленности;
- *токсикологические*, характеризующие возможность безопасного складирования осадков на свалках или специально организованных полигонах.

Формирование осадков с заданными свойствами начинается с выбора тех методов очистки сточных вод, которые обеспечивают возможность утилизации или безопасного складирования осадков, сокращение затрат на их обезвоживание и сушку. Комплексная оценка свойств осадков является весьма трудоемкой задачей, что объясняется многообразием их свойств.

Свойства осадков определяются прежде всего составом входящих в него компонентов и условно могут разделяться на три категории: минеральные, органические и смешанные. Осадки сточных вод всегда представляют собой достаточно сложную смесь разнообразных веществ, поэтому имеет смысл говорить о преимущественном составе компонентов.

Огромное значение имеет фазово-дисперсный состав веществ осадка. Поскольку в практике часто образуются сильнообводненные осадки, основной операцией их обработки является обезвоживание. Исходя из этого, осадки условно разделяют на три вида по их водоотдаче: хорошо-, средне- и труднофильтруемые.

В связи с этим возникает несколько проблем:

- кондиционирование и обезвоживание осадков;
- подготовка осадков к дальнейшей переработке (обеззараживание, сушка, окускование и др.);
- собственно переработка, утилизация, уничтожение, накопление и др.;
- кондиционирование и использование высвобождающейся из осадков воды и многое другое.

Если учесть, что усредненная величина объема всех образующихся осадков в процессе очистки сточных вод составляет около ≈ 10 м % их объема, а осадки имеют весьма разнообразный состав и консистенцию, то можно представить сложность проблем их переработки.

Общепринято, что стоимость установки для обработки осадков сточных вод составляет 50–70 % от всей стоимости очистных станций (в том числе станций аэраций) и очистных комплексов [4, 5]. Накопление же осадков в окружающей среде создает самую, пожалуй, трудноразрешимую экологическую проблему.

Произведенный анализ и подсчеты показывают, что около 90 % осадков будет образовываться при очистке производственных сточных вод и 10 % – при очистке хозяйственно-бытовых [4]. В частности, в Российской Федерации из-за падения уровня производства и, соответственно, снижения объемов осадков сточных вод, в настоящее время количество «сухих» осадков может быть оценено в 60–70 миллионов тонн в год при соотношении производственных и бытовых осадков 85:15 [4, 6, 7].

К бытовым, а точнее, коммунальным осадкам сточных вод следует относить как осадки от очистных сооружений по переработке хозяйственно-бытовых сточных вод, так и осадки систем подготовки питьевой воды, которые составляют около половины всех бытовых осадков.

Академик Б.Н. Ласкорин [6, 7] приводит следующие данные по соотношению отходов для промышленно развитых стран (в %):

Твердые бытовые отходы	–	16;
Промышленные отходы	–	22;
Отходы горнорудной промышленности	–	27;
Отстойные шламы (осадки сточных вод)	–	35.

В эти данные не входят сельскохозяйственные осадки, количество которых примерно в 1,5 раза превышает все другие виды.

В настоящее время положение с утилизацией осадков сточных вод находится в неудовлетворительном состоянии. Из общего количества осадков лишь 1,5 %, в лучшем случае, используется как удобрение.

Использование избыточного активного ила некоторых производственных сточных вод в качестве белково-витаминного кормового продукта не превышает 0,01 %, в других случаях использования – не больше 0,5–1,0 %.

Между тем в конце XX и начале XXI века наметились определенные сдвиги, свидетельствующие о реальных возможностях добиться успехов в утилизации осадков. Вероятно, пришло осознание того факта, что проблема переработки осадков сточных вод так же важна, как и проблема получения качественной питьевой воды.

1. ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД. СОСТАВ И СВОЙСТВА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

В процессах механической, биологической и физико-химической очистки сточных вод на очистных сооружениях (в том числе на станциях аэрации) и очистных комплексах образуются различного вида осадки, содержащие органические и минеральные компоненты [4–6, 8].

В зависимости от условий формирования и особенностей отделения различных включений, примесей, взвешенных и тяжелых веществ, различают осадки сточных вод первичные и вторичные.

К **первичным** осадкам сточных вод относятся грубодисперсные примеси, которые находятся в твердой фазе и выделены из воды такими методами механической очистки, как процеживание, седиментация, фильтрация, флотация, осаждение в центробежном поле.

К **вторичным** осадкам относятся примеси, первоначально находящиеся в воде в виде коллоидов, молекул и ионов, но в процессе биологической или физико-химической очистки сточной воды или обработки первичных осадков образующие твердую фазу.

В таблице 1 приведены общие сведения по первичным и вторичным осадкам сточных вод.

Таблица 1 – Общие сведения по первичным и вторичным осадкам сточных вод

Группа осадков	Тип осадков	Сооружения и оборудование, отделяющие осадки сточных вод
<i>Первичные осадки сточных вод</i>		
I	Осадки грубые (отбросы)	Решетки, сита
II	Осадки тяжелые	Песколовки
III	Осадки плавающие	Жировки, отстойники
IV	Осадки сырые, выделенные из сточной воды в результате механической очистки	Отстойники первичные, осветлители

<i>Вторичные осадки сточных вод</i>		
V	Осадки сырые, выделенные из сточной воды после биологической или физико-химической очистки	Отстойники вторичные, флотаторы
VI	Осадки сброженные, прошедшие обработку в анаэробных перегнивателях, метантенках, и осадки, стабилизированные в аэробных стабилизаторах	Септики, двухъярусные отстойники, осветлители, перегниватели, метантенки, аэробные стабилизаторы
VII	Осадки уплотненные, подвергнутые сгущению до предела текучести (до влажности 90–85 %)	Уплотнители: гравитационные, флотационные, сепараторы
VIII	Осадки обезвоженные, подвергнутые сгущению (до влажности 80–40%)	Иловые площадки, вакуум-фильтры, центрифуги, фильтр-прессы и др.
IX	Осадки сухие, подвергнутые термической сушке (до влажности 5–40 %)	Сушилки: барабанные, вальцовые, с кипящим слоем, со встречными струями

Составы осадков по размеру частиц отличаются большой неоднородностью. Их размеры колеблются от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности.

Классификация осадков сточных вод

Осадки первичные

1. Осадки грубые (отбросы), задерживаются решетками.

В состав отбросов входят крупные взвешенные и плавающие вещества, преимущественно органического происхождения. По данным эксплуатации очистных станций, средний состав этих отбросов состоит из бумаги – 65 %, тряпья – 25 %, древесины, пластика – 4 %, других отбросов – 6 % [4, 6, 9].

Количество отбросов, задерживаемых решетками с прозорами 16–20 мм, на одного человека в год составляет в среднем 8 л при влажности 80 % и объемной массе 750 кг/м³.

Задержанные отбросы часто подвергаются дроблению с последующим выпуском их в канал перед решеткой. Переработка этих отбросов может осуществляться в метантенках, на пиролизных установках вместе с другими осадками или направляться на компостирование для получения удобрения вместе с мусором.

2. **Осадки тяжелые, задерживаются песколовками.** В их состав обычно входят песок, обломки отдельных минералов, кирпич, уголь, битое стекло и т. п. При проектировании количество задерживаемых тяжелых примесей принимают 0,02 л на одного человека в сутки, или 7,2 л в год, при влажности 60 % и объемной массе 1,5 т/м³.

3. **Осадки плавающие, задерживаемые жироловками или всплывающие в отстойниках.** Количество этих примесей в бытовых сточных водах на одного человека в год составляет 2 л при влажности 60 % и объемной массе 0,6 т/м³.

4. **Осадки сырые, задерживаются первичными отстойниками.** В бытовых сточных водах эти осадки представляют собой студенистую, вязкую суспензию с кисловатым запахом. Органические вещества в них составляют 75–80 % и быстро загнивают, издавая неприятный запах. Влажность осадка при самотечном удалении после 2-часового отстаивания принимается 95 %, а при удалении из отстойника плунжерными насосами – в диапазоне 93–94 %.

Механический состав осадков из первичных отстойников отличается большой неоднородностью. Величина отдельных частиц колеблется от 10 мм и более, до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности.

Осадки вторичные

1. **Активный ил,** задерживаемый вторичными отстойниками после аэротенков, представляет биоценоз микроорганизмов и простейших, обладает свойством флокуляции. Структура активного ила представляет хлопьевидную массу бурого цвета. В свежем виде активный ил почти не имеет запаха или пахнет землей, но, гнивая, издает специфический гнилостный запах.

По механическому составу активный ил относится к тонким суспензиям, состоящим на 98 % по массе из частиц размерами

меньше 1 мм. Активный ил аэротенков отличается высокой влажностью, которая изменяется в диапазоне 99,2–99,7 %.

2. **Шламы**, задерживаемые отстойниками или другими сооружениями после физико-химической очистки сточных вод, выделяются в результате локальной очистки или доочистки промышленных сточных вод с применением реагентной обработки, фильтрования, электролиза, адсорбции, ионного обмена, обратного осмоса, экстракции и других методов очистки.

3. **Осадки, сброженные в анаэробных условиях.** Структура осадка, сброженного в метантенках, двухъярусных отстойниках и других сооружениях анаэробного сбраживания, мелкая и однородная, цвет – почти черный или темно-серый. Осадки отличаются высокой текучестью, выделяют запах сургуча или асфальта.

В метантенках распад осадков сопровождается выделением большого количества газа – метана, весьма ценного для использования.

4. **Осадки из аэробных стабилизаторов.** Степень распада органического вещества при аэробной стабилизации значительно меньше, чем при анаэробных процессах, но оставшаяся часть достаточно стабильна. После аэробной стабилизации осадки уплотняются в отстойниках за 5–15 ч до влажности 96–98 %. При стабилизации бактерии коли гибнут на 95 %, но яйца гельминтов не исчезают, поэтому осадки после аэробной стабилизации нуждаются в обеззараживании.

Бактериальная заселенность осадков

В осадках, как и в сточной воде, можно найти многие формы бактерий. Бактериальная заселенность осадков на порядок выше, чем сточных вод. Осадки бытовых стоков содержат большое количество яиц гельминтов. При термофильном сбраживании яйца глистов полностью погибают. То же наблюдается при термогравитационном или термофлотационном уплотнении осадков.

Химический состав осадков сточных вод

Знание химического состава осадков сточных вод необходимо для определения наиболее рациональных путей их использования и обработки. В таблице 2 приведен химический состав минеральной части осадков сточных вод [4, 10].

Таблица 2 – Общий химический состав осадков
(в % к абсолютно сухому веществу)

Тип осадков сточных вод	Зола	Альфа-целлюлоза	Гемипеллюлоза	Белки, гуматы	Жиры	Общий азот	Фосфор
Первичные сырые	15–35	5,5–5	5–7	15–21	18–26	3,2–3,8	1,4–2,5
Первичные, сброженные в метантенках:							
а) мезофильный процесс;	28–40	2,8–9	5,8–9	35	7,6–9	3–4,3	2,4–4,8
б) термофильный процесс	40–42	1,6	6,0	28	9	3,8	4,9
Активный ил из вторичных отстойников после аэротенков	25–30	0,8–2	2,6–2,2	30–35	7,11–14	7,3–6,8	5,4

Обработка осадков сточных вод, выделяемых в процессе очистки сточных вод, проводится с целью получения конечного продукта, наносящего минимальный ущерб окружающей среде или пригодного для утилизации в производстве.

Эта цель достигается осуществлением трех основных процессов в различных технологических последовательностях:

а) **обезвоживание** – обеспечивающим минимальный объем осадков;

б) **стабилизация** – придающей осадкам способность не выделять вредные продукты разложения при длительном хранении;

в) **обеззараживание** – делающим осадок безопасным по санитарно-бактериологическим показателям.

2. ПОКАЗАТЕЛИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Осадки сточных вод – это суспензии, в которых дисперсной фазой являются твердые частицы органического и минерального происхождения, а дисперсионной средой – вода с растворенными в ней веществами.

Свойства суспензии во многом зависят от содержания в ней воды.

Общее влагосодержание в осадках сточных вод принято определять понятием «влажность».

Влажность – содержание массы воды в 100 кг осадка, выраженное в процентах.

Формы связи влаги

Величина влажности не позволяет оценить в достаточной мере возможность, условия и степень удаления влаги из осадка. Это обусловлено сложностью его структуры и особенностями распределения в ней воды. Однако только направленным воздействием на структуру осадка можно обеспечить эффективность процессов его обезвоживания.

Наиболее полная классификация форм связи влаги с твердыми частицами предложена академиком П.А. Ребиндером. В основе классификации лежит энергия связи, которую необходимо затратить для выделения воды из состава структуры.

В структуре осадка влага может находиться [7, 9, 10]:

- в форме свободной воды;
- в физико-механической связи с твердыми частицами;
- в физико-химической и химической формах связи.

Свободная влага имеет наименьшую энергию связи со структурой осадка и легко может быть из него удалена.

Физико-механическая связанная влага – это капиллярная вода, вода смачивания и структурная влага.

Физико-химической связью удерживается адсорбционная и осмотическая влага, а химически связанная вода, входящая

в состав веществ, не выделяется даже при термической сушке осадков.

Механическими методами обезвоживания осадков, а также естественной сушкой их на иловых площадках удаляется большая часть свободной воды. Физико-механическая связь нарушается вследствие выпаривания или удаления влаги под давлением в аппаратах, которые развивают давление, большее капиллярного, и разрушают структурные связи, при которых возможно нарушение более прочных видов связи и можно добиться удаления части связанной влаги.

Способность осадков к обезвоживанию под действием механических сил (вакуум-фильтрация, центрифугирование или фильтр-прессование) характеризуется показателями влагоотдачи:

- удельным сопротивлением фильтрации;
- сжимаемостью;
- индексом центрифугирования.

Удельное сопротивление фильтрации осадка определяют как сопротивление, оказываемое движению фильтрата через слой кекка (обезвоженного осадка), отложившийся на 1 м^2 поверхности фильтра и содержащий 1 кг сухого вещества [4, 8, 10].

Сжимаемость осадка. С увеличением перепада давления поры в структуре осадка уменьшаются, вызывая возрастание сопротивления фильтрации.

В таблице 3 приведены отдельные показатели осадков станций очистки городских сточных вод.

Для изучения форм связи влаги с частицами твердой фазы наибольшее распространение получил метод изотермической сушки, предложенный М.Ф. Казанским [4, 6]. Этот метод основан на изучении кинетики сушки образца осадка при температуре 105 С и постоянном контроле влажности.

Таблица 3 – Показатели осадков станций
очистки городских сточных вод

Вид осадка	Количество осадка на 1 чел. в сут.		Влажность, %	Зольность сухого вещества, %	Удельное сопротивление $\text{г}^* 10^{-10}$, см/г
	по сухому веществу, г	по объему влажного осадка, л			
Отбросы с решеток (прозоры 16 мм)	4–6	0,02	70–80	7–8	–
Песок из песколовков	3	0,02	60	80–90	–
Сырой осадок первичных отстойников	25–40	0,5–0,8	93–95	15–30	50–500
Сброженный осадок первичных отстойников в мезофильных условиях	30	0,4–0,7	93–96	28–40	350–1800
Сырой активный ил (уплотненный)	20–32	0,7–1,1	97	25–30	150–5000
Сброженный активный ил в мезофильных условиях	15–25	0,3–0,8	94–96	35–40	2300
Смесь осадка первичных отстойников и активного ила (уплотненного)	45–70	0,6–2,3	93–97	20–30	200–1200
То же, сброженная в мезофильных условиях	30–45	0,4–2,2	92–98	35–40	1200–1600
То же, сброженная в термофильных условиях	30–45	0,75–1,5	96–97	40	1400–10000
Аэробно стабилизированный активный ил (уплотненный)	15–25	0,3–0,6	97	30–35	5000–6000

Формы связи воды с частицами твёрдой фазы и их влияние на обработку осадков

Механизм связи воды с твёрдыми частицами осадка необходимо знать, чтобы выбрать метод обработки осадков [4, 7, 9–12].

Влага, как было изложено выше, может находиться в химической, физико-химической и физико-механической связи с твёрдыми частицами, а также в форме свободной воды.

Химически связанная вода входит в состав вещества и не выделяется даже при термической сушке.

Сушкой на иловых площадках и механическими методами обезвоживания удаляется большая часть свободной воды.

Выпариванием или удалением влаги под давлением нарушается физико-механическая связь (вакуум-фильтр). Центрифугированием или фильтрпрессованием можно добиться удаление части связанной воды.

Для изучения форм связи влаги с частицами твёрдой фазы наиболее приемлемым является метод тепловой сушки. Осадок высушивается при температуре $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$, а влажность фиксируется через определенные промежутки времени:

$$W = \frac{P_i - P_k}{P_i} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где W – влажность, %; P_i – показание влагометра в данный момент времени; P_k – показание влагометра при достижении осадком постоянной массы.

По полученным данным строятся кривые интенсивности сушки ($I_{\text{суш}}$). В результате измерений получают зависимости, имеющие характерный вид (рисунок 1).

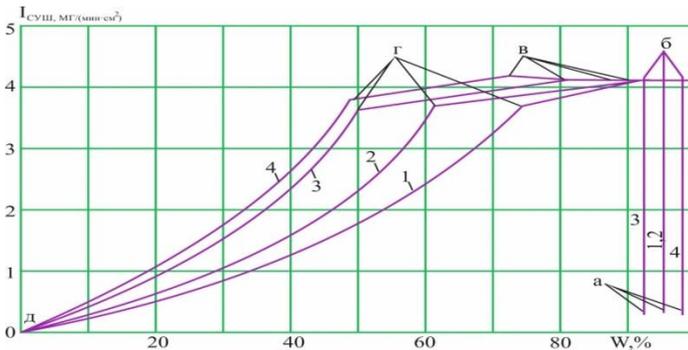


Рисунок 1 – Зависимости интенсивности сушки осадков от их влажности: 1 – сырой осадок из первичных отстойников; 2 – сброженная смесь сырого осадка и активного ила; 3 – уплотненный активный ил; 4 – уплотненный сброженный осадок

Типичная кривая состоит из четырех участков (включающая следующие контрольные точки: «а» – участок прогрева; «б» – то же; «в» – первые критические точки влажности; «г» – вторые критические точки влажности; «д» – точка окончания сушки).

Рассматриваемые точки создают контрольные участки, на каждом из которых происходит следующее:

1. На участке «а-б» происходит прогревание осадка, интенсивность сушки быстро возрастает, однако испаряется лишь небольшое количество свободной воды (участок интенсивной сушки – удаляется небольшое количество воды).

2. На участке «б-в» интенсивность сушки остается постоянной, удаляется основная масса свободной воды и в несколько раз уменьшаются объем и масса осадка (на участке интенсивность остаётся постоянной, удаляется основная масса свободной воды и в несколько раз уменьшается объём и масса осадка).

3. На участке «в-г», характеризующем удалением физико-механической связанной влаги, наблюдается прямолинейная зависимость снижения интенсивности сушки осадка от его влажности. Это снижение происходит вследствие расходования части энергии на преодоление сил связи воды с твердыми частицами (удаляется физико-механически связанная влага – прямолинейная зависимость).

4. На участке «г-д» снижение интенсивности от влажности осадка приобретает криволинейный характер, что обуславливается возрастающей затратой энергии на преодоление сил связи воды с твердыми частицами (дальнейшее снижение интенсивности сушки).

Наибольшее практическое значение имеет интервал «б-г», на протяжении которого выделяется основная масса воды.

Зависимость объёма от концентрации выражается следующей формулой:

$$V_2 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_2}, \quad (2)$$

где V_2 – объём после обезвоживания, м^3 ; V_1 – первоначальный объём, м^3 ; C_1 – концентрация исходного осадка, $\text{г}/\text{м}^3$; C_2 – концентрация обезвоженного осадка, $\text{г}/\text{м}^3$.

Положение критических точек влажности позволяет изучить влияние на водоотдачу осадков различных методов обработки: уплотнения, тепловой обработки, замораживания, реагентной обработки и т. д., а также можно выбрать дозу коагулянта.

Между удельным сопротивлением осадка « r » и влажностью, соответствующей первой критической точке, существует зависимость: чем меньше r , тем меньше влажность W .

Удельное сопротивление r характеризует скорость водоотдачи осадков. Величина удельного сопротивления фильтрации характеризует способность осадка к влагоотдаче при обезвоживании методами фильтрования под действием вакуума или давления. Уменьшение величины этого показателя соответствует улучшению влагоотдачи.

Влажность, соответствующая первой критической точке « a », определяет предел возможного механического обезвоживания осадка. Из опытов известно, что влажность, при которой начинается отклонение от прямой при определении удельного сопротивления r , практически соответствует влажности кека, получаемого при обезвоживании осадков.

Значит, влажность кека при обезвоживании осадков можно ориентировочно определить в лабораторных условиях.

Активный ил, в отличие от осадков других типов, изменяет свои свойства при уплотнении. Он обладает высокой структурообразующей способностью, вследствие чего уплотнение приводит к иммобилизации свободной воды, то есть с увеличением концентрации активного ила часть свободной воды переходит в коллоидно-связанную.

В уплотненном иле и сброженном осадке содержится больше трудноудаляемой воды, чем в сыром осадке.

В общем случае положение критических точек влажности позволяет оценить влияние на водоотдачу осадков различных методов обработки, а также выбирать наиболее эффективные методы подготовки осадков к механическому обезвоживанию.

Таким образом, по показателям осадков сточных вод, можно заключить следующее:

Осадки сточных вод – это суспензии, выделяемые из сточных вод в процессе их механической, биологической и физико-химической (реагентной) очистки.

В зависимости от типа сооружений применяемых для очистки сточных вод осадки делятся на:

- а) грубые примеси (решетки) – отбросы;
- б) тяжелые примеси (песколовки) – песок;
- в) плавающие примеси (отстойники) – жировые вещества;
- г) сырой осадок (первичный отстойник) – оседающие взвешенные вещества;
- д) активный ил (вторичный отстойник) – комплекс микроорганизмов с частично окисленными после биологической очистки;
- е) осадок, анаэробно сброженный (в осветлителях-перегнивателях, двухъярусных отстойниках, метантенках);
- и) аэробно стабилизированный активный ил или его смесь с осадком из первичных отстойников;
- к) сгущенный или уплотненный активный ил или осадок;
- л) осадок, обезвоженный на механических препаратах (кек);
- м) осадок, подсушенный на иловых площадках;
- н) осадок, термически высушенный в сушилках.

Количество отбросов, снимаемых с решеток в среднем составляет ≈ 8 л/год на человека при влажности 80 % и $\gamma = 750$ кг/м³.

Дробленые отбросы разбавляются водой в количестве 40 м³ на 1 т и направляются перед решетками или в метантенки (допускается направлять их свалку или мусоросжигательные установки).

Тяжелые примеси (песок) задерживается в песколовках в количестве 0,02 л/сут на человека, $P = 60$ %, $\gamma = 1,6$ т/ м³(1,5) – песковые площадки, бункера. Плавающие примеси, количество в среднем составляет 2 л/год на человека, влажность 60 %, $\gamma = 0,6$ т/м³ – допускается обрабатывать совместно с осадком из первичных отстойников.

Количество осадка, выгружаемого из первичных отстойников, зависит от эффекта осветления сточных вод.

Количество избыточного активного ила зависит от концентрации взвешенных веществ и БПК₂₀ поступающих в аэротенк.

Сырые осадки из первичных отстойников отличаются большой неоднородностью. Представляют из себя студенистую суспензию серого или светло-коричневого цвета с кисловатым запахом. Быстро загнивают.

Активный ил – суспензия хлопьеобразная, состоящая из аэробных бактерий и простейших микроорганизмов с адсорбированными загрязнениями. Быстро гнивает.

Уплотнённый активный ил имеет влажность 97–98 %. Для расчётов количества смеси осадка первичных отстойников и уплотнённого избыточного активного ила при средней влажности 96,2 % принимается равной 0,5...1 % объёма сточных вод, плотность – 1 т/м³.

Сброженные осадки отличаются более однородной структурой, представляют собой суспензию черного цвета с запахом асфальта. Влажность сброженного осадка зависит от соотношения осадка из первичных отстойников и уплотнённого избыточного активного ила.

Осадки в основном органического происхождения. Состоят из белков до 50 %, жиров – 30 % и углеводов – 10 %, азот – 3,5 %, фосфор – 1,4 %, калий – 0,9 %. Эти показатели лучше, чем у навоза: (азот – 0,8 %, фосфор – 0,19...0,28 %, калий – 0,5...0,63 %). Осадки имеют очень высокую бактериальную загрязненность.

При следующей влажности осадки имеют вид:

- а) 90 % – жидкая тягучая масса;
- б) 86...90 % – консистенция сметаны;
- в) 82...86 % – жидкая грязь;
- г) < 82 % – вид слегка влажной земли.

Сухое вещество осадка имеет состав в % от массы сухого вещества:

C – 35,4–87,8 %; H – 4,5–8,7 %; S – 0,2–2,7 %; N – 1,8–8 %; O – 7,6–35,4 %.

Активный ил C – 44–75,8 %; H – 5–8,2 %; S – 0,9–2,7; N – 3,3–9,8 %; O – 12,5–43,2 %. Кроме того, имеется содержание соединений SiO₂; Al₂O₃; Fe; CaO; MgO; K₂O; Na₂O; ZnO; CuO; Cr₂O₃ и т. д.

Осадки обладают плохой водоотдающей способностью (так как большая часть влаги находится в связанном состоянии).

На водоотдающую способность осадка большое влияние оказывает состав сточных вод.

Например: соединения Fe; Al; Cr; Cu, кислоты, щелочи и т. д. (содержащиеся в производственных сточных водах) улучшают обезвоживание и снижают расход реагентов на коагуляцию.

Масла, жиры, волокна, азотистые соединения, наоборот, ухудшают.

Водоотдача осадков сточных вод во многом зависит от размера частиц, их твердой фазы. Для характеристики водоотдающей способности осадка применяется показатель – удельное сопротивление осадка (r) см/г.

r – сопротивление единицы массы твердой фазы, отлагающейся на единице площади фильтра при фильтровании под постоянным давлением суспензии, вязкость жидкой фазы которой равна 1,0.

$$r = \frac{(2P_v \cdot F^2) - (\eta \cdot C)}{b}, \quad (3)$$

где P_v – величина вакуума при котором происходит фильтрование, МПа; F – площадь фильтрующей поверхности, см²; η – вязкость фильтрата, П (как для воды г/см³) 0,01 П; C – концентрация твердой фазы осадка, г/см³.

$$C = \frac{100 - W_U}{100} \cdot \rho, \quad (4)$$

где W_U – влажность исходного осадка, %; ρ – плотность осадка, кг/м³.

Чем выше удельное сопротивление осадка, тем осадок хуже фильтруется. Удельное сопротивление осадка городских сточных вод (первичных отстойников) $r = (30-990) \cdot 10^{10}$ см/г, такая разница из-за различия состава и влияния производственных сточных вод.

При длительном хранении, уплотнении осадка, увеличении содержания активного ила удельное сопротивление осадка повышается.

Сырые осадки первичных отстойников и неуплотненный активный ил имеют меньшее удельное сопротивление, чем сброженный осадок.

Наибольшее удельное сопротивление имеет осадок, сброженный в термофильных условиях.

На удельное сопротивление осадка оказывает влияние гранулометрический состав, а также $\xi =$ потенциал.

Удельное сопротивление осадка может служить исходной величиной при выборе метода обработки осадка.

3. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Основными методами обработки осадков являются:

Уплотнение и сгущение осадков – снижение влажности:

- у сырого осадка до 95–93 %;
- у избыточного активного ила 98–97,3 % .

На рисунке 2 приведены виды осадков сточных вод образующиеся в процессе очистки городских сточных вод и методы обработки осадков сточных вод.

На рисунках 3–8 приведены широко практикуемые и рекомендуемые технологические процессы и схемы по обработке осадков сточных вод [4, 10–13].

В таблице 4 приведены условные обозначения и сокращения сооружений и узлов по обработке осадков городских сточных вод, приведенные на рисунках 2–8.

Таблица 4 – Условные обозначения
и сокращения сооружений и узлов

Услов. обознач. и номер узла или сооружения	Наименование (расшифровка) узла или сооружения	Примечание
СВ	Сточные воды	–
ОчСВ	Очищенные сточные воды	–
ПП	Плавающие примеси	–
ГП	Грубые примеси	–
ТП	Твердые примеси	–
СО	Сырой осадок	–
АИ	Активный ил	–
БП	Биологическая плёнка	–
Р	Решетка	–
П	Песколовка	–
ПО	Первичный отстойник	–

Окончание таблицы 4

СБО	Сооружение биологической очистки	Аэротенк; Биофильтр
ВО	Вторичный отстойник	–
СДО	Сооружения для глубокой очистки или доочистки сточных вод	Песчаные фильтры; Биопруды
СОВ	Сооружения для обеззараживания очищенных сточных вод	Озонаторы; Хлораторные; Ультразвук. установки; Бактерицидные установки и др.
1	Дробилка (размельчитель)	–
2	Контейнерные ёмкости	Для утилизации плавающих примесей на сжигание, свалку или переработку
3	Песковые площадки	–
4	Сооружения по обеззараживанию песка	–
5	Песковые бункеры	–
6	Метантенки	–
7	Аэробный стабилизатор (минерализатор)	–
8	Сооружения для механического обезвоживания осадков сточных вод	Вакуум-фильтр; Фильтр-пресс; Центрифуга
9	Сооружения для сжигания осадков сточных вод	–
10	Сооружения по обеззараживанию осадков сточных вод	–
11	Иловые площадки	–
12	Сооружения для смешивания осадков сточных вод	Ёмкостные сооружения с мешалками либо барботажными устройствами
13	Сооружения для реагентного кондиционирования осадков сточных вод	–
14	Сооружения для биотермической обработки осадков сточных вод	Биокомпостирование
15	Илоуплотнители	–
16	Осадкоуплотнители	Для сброженных осадков
17	Сооружения для промывки осадков сточных вод	Для сброженных осадков

Существуют: гравитационное уплотнение, флотационное, сгущение на вибрационных фильтрах, сепараторах, центрифугах.

Стабилизация – жиры, белки и углеводы превращаются преимущественно в белки с таким строением, чтобы предотвратить загнивание осадка.

Существуют: анаэробная стабилизация (основные продукты: биогаз, клеточная биомасса анаэробных микроорганизмов) и аэробная стабилизация (CO_2 , H_2O , прирост новых аэробных клеток).

Белки, у которых в клетке много связанной воды, менее стабильны. Такие белковые структуры, как дрожжи (рыхлые) легко съедаются микроорганизмами, быстро поддаются разложению. Распад: 34 % – белки, 62 % – углеводы, 92 % – жиры. Основным источником питания для болезнетворных микроорганизмов являются углеводы.

Пределы стабилизации (по беззольному веществу): анаэробная – 53 % у сырого осадка, 44 % – у избыточного активного ила; аэробная – до 70 % – у активного ила и сырого осадка, до 90 % – у активного ила.

Кондиционирование – обработка осадка с целью улучшения его водоотдающих свойств. Активный ил состоит на 80 % из отрицательно заряженных частиц, на 20 % – из положительно заряженных, уплотняется до 98 %. При обработке коагулянтами может уплотняться до 80 %.

При кондиционировании могут применяться:

- зола – как адсорбент;
- ткань с гидрофильными свойствами (фитиль);
- капиллярный отсос;
- тепловая обработка – изменяется структура (белки денатурируются (сворачиваются) и т. д.

Обезвоживание – уменьшение влажности осадка до 70–90 %.

Обеззараживание. Бывает термическое, биотермическое, биологическое, химическое и физическое.

Сушка под действием солнца также сопровождается обеззараживанием.

Илоуплотнение. Гравитационное уплотнение

Гравитационное уплотнение – наиболее распространенный прием уменьшения объема избыточного активного ила. Гравитационное уплотнение значительно уменьшает объем сооружений и затраты электроэнергии при последующей обработке. В качестве сооружений для гравитационного уплотнения используют вторичные отстойники (вертикальные и радиальные). В вертикальных вторичных отстойниках нет погружной доски, в радиальных – днище плоское с уклоном к периферии, а не к центру, так как осадок удаляется с помощью илососов.

Влажность после вертикального уплотнения составляет 98 %, продолжительность уплотнения – до 16 часов (в зависимости от вида ила).

В радиальных уплотнителях $W = 97...97,3 \%$; t – до 15 часов. Сырой осадок, как правило, не уплотняют.

Разработаны конструкции илоуплотнителей с применением тонкослойных модулей (уменьшаются объём и время уплотнения). Существуют методы уплотнения с медленным перемешиванием, прогреванием, добавкой реагентов, разбавлением очищенной сточной жидкостью, метод совместного уплотнения ила с осадком первичных отстойников.

Уплотнение активного ила приводит к резкому увеличению удельного сопротивления (так как увеличивается количество связанной воды).

Наиболее резко удельное сопротивление возрастает при концентрации активного ила 20–24 г/л при уплотнении в вертикальных илоуплотнителях и при концентрации 30–35 г/л в илоуплотнителях радиального типа, оборудованных илоскребками.

Лучшее уплотнение активного ила в илоуплотнителях радиального типа, оборудованных илоскребками, объясняется перемешиванием активного ила в процессе уплотнения, а также меньшей высотой радиальных илоуплотнителей [12, 14, 15]. При перемешивании снижается вязкость активного ила и его электрокинетический потенциал, что способствует лучшему хлопьеобразованию и осаждению.

Для сырых осадков уплотнение не целесообразно, так как это ухудшает работу иловых площадок.

В таблице 5 приведены расчетные формулы и уравнения для расчетов сооружений и устройств по обработке осадков сточных вод.

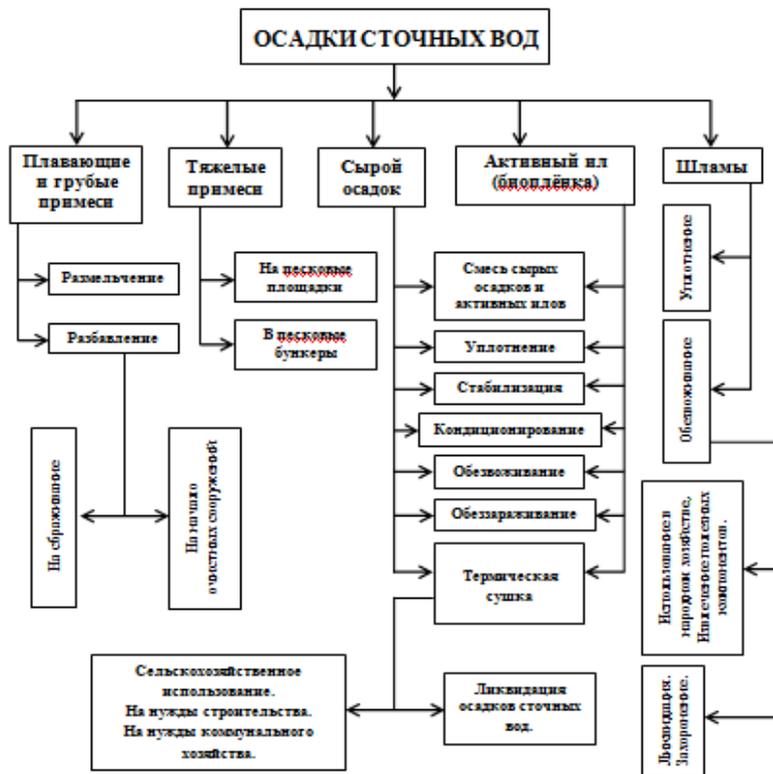


Рисунок 2 – Виды и методы обработки осадков сточных вод

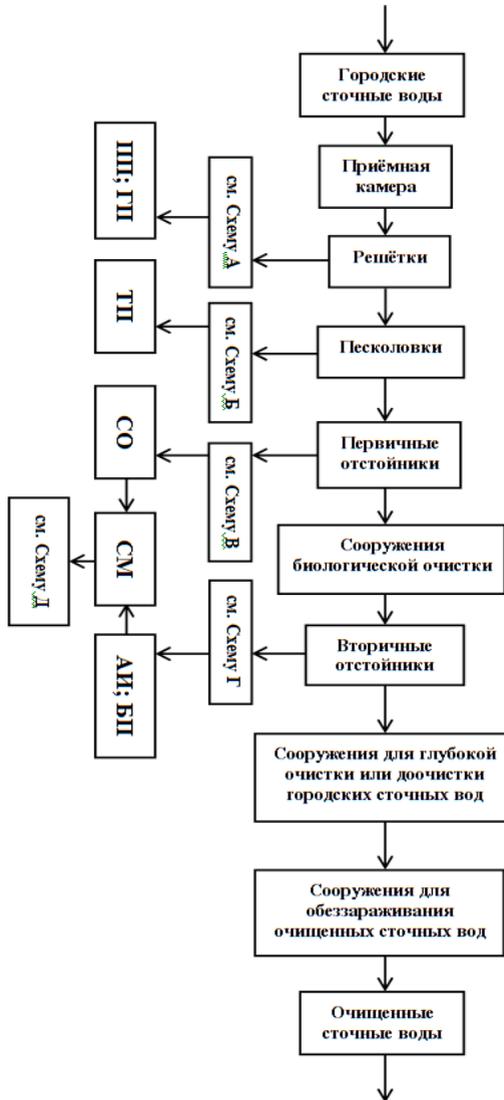


Рисунок 3 – Технологическая схема очистки городских сточных вод с указанием видов образующихся осадков сточных вод

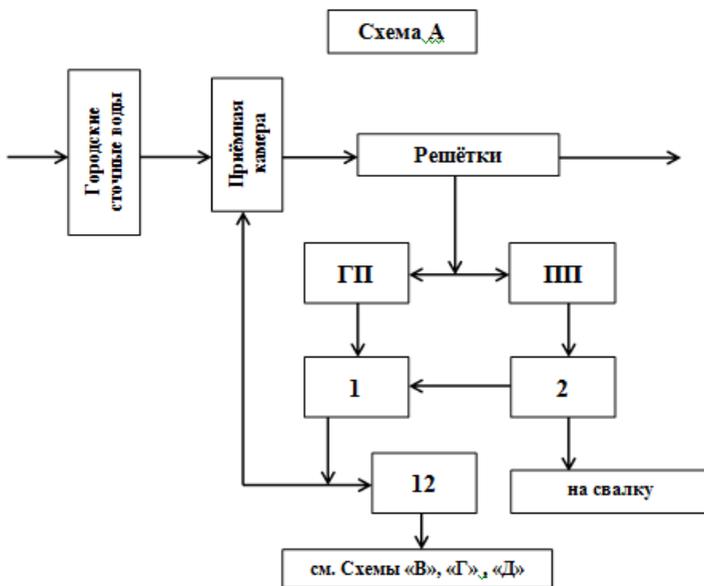


Рисунок 4 – Технологическая схема обработки осадков сточных вод, улавливаемых решётками



Рисунок 5 – Технологическая схема обработки осадков сточных вод, улавливаемых песколовками

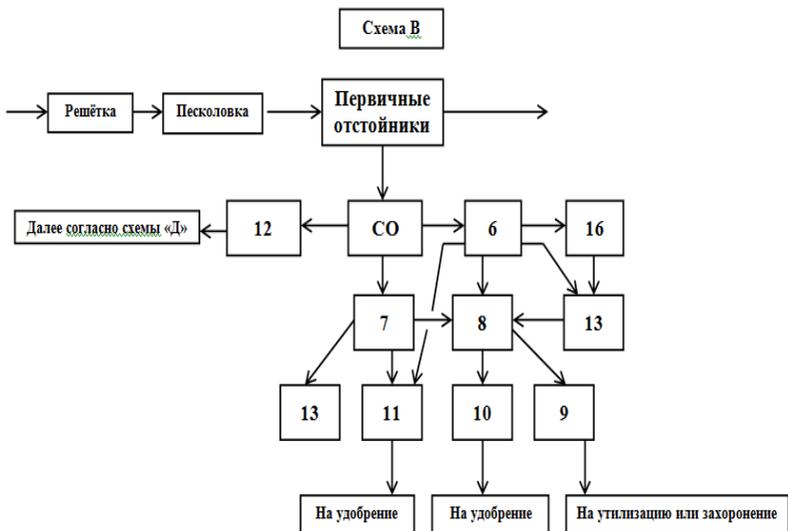


Рисунок 6 – Технологическая схема обработки осадков сточных вод, улавливаемых первичными отстойниками

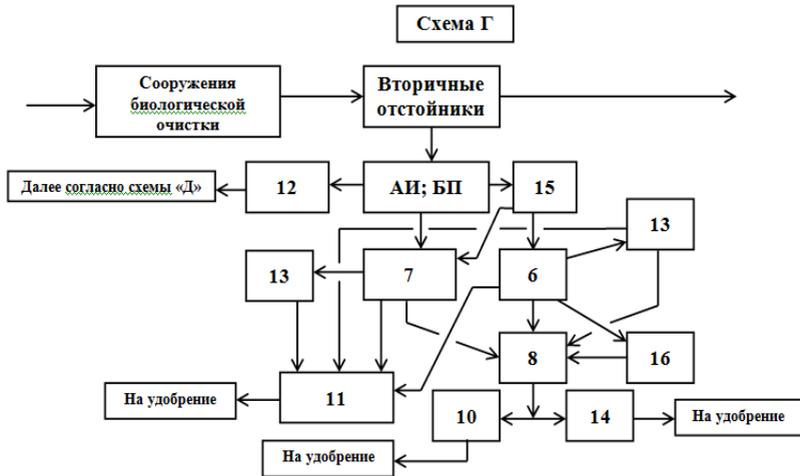


Рисунок 7 – Технологическая схема обработки осадков сточных вод, улавливаемых вторичными отстойниками

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
Решетки-дробилки (РД)	Рекомендуется: при $Q = 10\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$: тип РД-100; при $Q = 25\ 000\text{--}50\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$: тип РД-200; при $Q = 50\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$: тип РД-400; РД-600; РД-900; при $Q = 100\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$: тип КРД	–	Принимаются в зависимости от часового расхода по [13], табл. II, 2, раздел II, 1; 8, пп. 5.12–5.16; 6.16–6.25; [14], раздел II, гл. 4, § 10, табл. II, 4
II. Сооружения для обработки тяжелых примесей, уловленных в песколовках			
(Количество песка, задерживаемого песколовками для бытовых сточных вод, принимается $0,02\ \text{л}/(\text{чел}\cdot\text{сут})$, а для аэрируемых песколовков $0,03\ \text{л}/(\text{чел}\cdot\text{сут})$, при влажности $P = 60\ \%$ и объемном весе $q_{\text{сп}} = 1500\ \text{кг}/\text{м}^3$)			
Песковые бункеры	Для станций аэрации производительностью $Q \leq 70\ 000\text{--}75\ 000\ \text{м}^3/\text{сут}$, для отмывки органических примесей и обезвоживания песка либо в случае ограниченности территории	–	Принимается согласно [13], § II.2.6, для хранения песка в течение 1,5–9 суток
Песковые площадки (ПП)	Для станций аэрации любой производительности. Размеры определяются в зависимости от нагрузки.	–	Расчет ПП следует вести с учетом требований [8], пп. 6.33–6.34; 13; раздела 40.5
Обеззараживание песка	Производится путем введения острого пара за счет перемешивания либо эжективирования. Нагревание паром должно быть при температуре не ниже $+65\ ^\circ\text{C}$	–	Принимается по [13], раздел 38.4

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
III. Сооружения для уплотнения осадков сточных вод			
(Рассчитываются в соответствии с требованиями [8], пп. 6.342–6.346)			
Илоуплотнители вертикальные (ВИУ)	–	–	Расчет илоуплотнителей производят на максимальный часовой приток ИАИ
– максимальный часовой приток избыточного активного ила (ИАИ), м ³ /час	$q_{\max} = \frac{P_{\max}^0 \cdot Q}{24 \cdot a_i \cdot 1000}$	Q – расчётный суточный расход сточных вод, м ³ /сут; a_i – концентрация ИАИ, г/л; 3 г/л ≤ a_i ≤ 15 г/л; P⁰_{max} – содержание ИАИ, г/м ³ ;	Принимаются по исходным данным технолога или расчетам
– содержание ИАИ (мг/л)	$P_{\max}^0 = K_m \cdot P_i$	K_m – коэффициент месячной неравномерности поступления ИАИ; P_i – прирост активного ила, мг/л	K_m = 1,15–1,2
– прирост активного ила (мг/л)	$P_i = 0,8 \cdot C_{\text{едр}} \cdot K_q \cdot L_{\text{ен}}$	C_{едр} – концентрация взвешенных веществ в сточной воде после первичных отстойников, мг/л; K_q – коэффициент прироста активного ила; L_{ен} – БПК _{полн} в исходной сточной воде, мг/л	C_{едр} – принимается по исходным данным либо равной 50–60 % от C_{ен} , где C_{ен} – концентрация взвешенных веществ в исходной сточной воде, которая принимается по исходным данным либо расчетам, мг/л; K_q = 0,25–0,3 ; Меньшее значение в случае, когда сточные воды очищаются в окситенках; L_{ен} – принимается по исходным данным либо расчетам, мг/л

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– высота проточной части ВИУ (м)	$h_{\text{set}} = 3,6 \bullet v_w \bullet t_{\text{mud } 1}$	v_w – скорость движения жидкости в отстойной зоне, мм/с; $t_{\text{mud } 1}$ – продолжительность уплотнения, час	Принимается по данным Приложения 2.
– полезная площадь поперечного сечения ВИУ (м ²)	$F = \frac{q_{\text{max}}}{3,6 \bullet v_w}$	q_{max} – см. III.1.1; v_w – см. III.1.4.	–
– площадь поперечного сечения центральной трубы (м ²)	$f_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{max}}}{3600 \bullet v_{w. \text{тр}}}$	$v_{w. \text{тр}}$ – скорость движения активного ила в центральной трубе, м/с	$0,08 \leq v_{w. \text{тр}} \leq 0,1$ м/с
– общая площадь ВИУ (м ²)	$F_{\text{tot}} = F + f_{\text{тр}}$	–	–
– диаметр одного ВИУ (м)	$D_{\text{ВИУ}} = \sqrt{\frac{4 \bullet F_{\text{tot}}}{\pi \bullet n}}$	n – число ВИУ	Принимается не менее двух (оба рабочие). При этом максимальный диаметр ВИУ должен быть $D_{\text{ВИУ}} \leq 9$ м
– объем иловой части ВИУ (м ³)	$V_{\text{mud}} = \frac{q_{\text{max}} \bullet (100 - P_{\text{mud.en}}^{\text{au}}) \bullet t_{\text{mud}}}{(100 - P_{\text{mud}}^{\text{au}}) \bullet n}$	$P_{\text{mud.en}}^{\text{au}}$ – влажность поступающего активного ила, %; $P_{\text{mud}}^{\text{au}}$ – влажность уплотненного ила, %; t_{mud} – продолжительность пребывания ила в иловой части ВИУ (час); n – см. п. III.1.8.	$P_{\text{mud.en}}^{\text{au}} = 99,2$ – $99,7$ % после азротенков; $P_{\text{mud}}^{\text{au}} = 96,0$ – $96,5$ % после биофильтров; Принимается по Приложению 2. При выпуске уплотненного ила 3 раза в сутки $t_{\text{mud}} = 8$ час и т. д. Также можно принимать по технологическим или исходным данным

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– общая высота ВИУ (м)	$H_{tot} = h_{set} + h_{mud} + h_{щ} + h_B + h_H$	h_{set} – см. п. III.1.4; h_{mud} – высота иловой (конической) части, м; $h_{щ}$ – расстояние между центральной трубой и отражательным щитом, м; h_B – расстояния от уровня воды до верха борта ВИУ, м; h_H – высота нейтрального слоя между низом отражательного щита и уровнем осадка, м;	h_{mud} – см. п. III.1.11; $h_{щ} = 0,5–1,0$ м; $h_B = 0,3$ м; $h_H = 0,3–0,5$ м
– высота иловой (конической) части ВИУ (м)	$h_{mud} = \frac{D_{ВИУ} \cdot \text{tg } \alpha}{2}$	α – угол наклона конической части днища ВИУ	$\alpha = 50–60^\circ$
Примечание к пп. Общая высота ВИУ и Высота иловой (конической) части ВИУ: Конструктивные размеры ВИУ принимаются в соответствии с рекомендациями [8], п. 6.63			
Илоуплотнители радиальные (РИУ):	–	–	Расчет и конструирование РИУ следует вести согласно рекомендациям [8], пп. 6.342–6.346 и 6.66
– полезная площадь поперечного сечения РИУ (м ²)	$F = \frac{q_{max}}{q_0}$	q_{max} – см. III.1.1; q_0 – расчетная нагрузка на площадь зеркала РИУ, м ³ / (м ² · час)	При $2 \leq a_i \leq 3$ г/л; $q_0 = 0,5$ м ³ / (м ² · час); При $5 \leq a_i \leq 8$ г/л; $q_0 = 0,3$ м ³ / (м ² · час)
– диаметр одного РИУ (м)	Расчет величин и параметров $D_{РИУ}$ производится аналогично п. 1.8	–	–

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– высота рабочей зоны РИУ (м).	$h_{\text{раб}} = q_0 \cdot t_{\text{муд } 1}$	q_0 – см. п. III.2.1; $t_{\text{муд } 1}$ – см. Приложение 2, с учетом и соответствии с п. III.1.4	–
– общая высота РИУ (м)	$H_{\text{tot}} = h_{\text{раб}} + h_{\text{муд}} + h_{\text{г}} + \left(\frac{i \cdot D_{\text{РИУ}}}{2} \right) + h_{\text{пр}}$	$h_{\text{муд}}$ – высота зоны залегания ила, м; $h_{\text{г}}$ – см. п. III.1.10; i – уклон днища (дна) РИУ; $h_{\text{пр}}$ – глубина приямка РИУ, м; $D_{\text{РИУ}}$ – см. п. III.2.2	$h_{\text{муд}} = 0,3$ м в случае когда РИУ оборудован илоскребом; $h_{\text{муд}} = 0,7$ м в случае когда РИУ оборудован илососом; $i = 0,01$ м в случае когда РИУ оборудован илоскребом; $i = 0,003$ м в случае когда РИУ оборудован илососом; Примечание: Уклон i дна принимается от центра к периферии. При илососах приямок отсутствует. В других случаях $h_{\text{пр}} = 1,0-2,0$ м
– количество иловой воды отделяемой в процессе уплотнения ила (м ³ /час)	$q_w = \frac{q_{\text{max}} \cdot (P_{\text{муд.en}}^{\text{au}} - P_{\text{муд}}^{\text{au}})}{100 - P_{\text{муд}}^{\text{au}}}$	q_{max} – см. п. III.2.1; $P_{\text{муд.en}}^{\text{au}}$ – см. п. III.1.9; $P_{\text{муд}}^{\text{au}}$ – см. п. III.1.9;	–
– объем уплотненного ила (м ³ /час)	$q_{\text{муд}}^{\text{au}} = \frac{q_{\text{max}} \cdot (100 - P_{\text{муд.en}}^{\text{au}})}{100 - P_{\text{муд}}^{\text{au}}}$	q_{max} – см. п. III.2.1; $P_{\text{муд.en}}^{\text{au}}$ – см. п. III.1.9; $P_{\text{муд}}^{\text{au}}$ – см. п. III.1.9;	–

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
Осадко-уплотнители сброженных осадков радиальные (РОУ)	–	–	Расчет приведен по рекомендациям МИСИ имени В.В. Куйбышева [11] и БПИ [18]
– эффект задержания сухого вещества (%)	$\Theta = \frac{(C_{mud} - C_{ex}) \cdot 100}{C_{mud}}$	C_{mud} – концентрация сухого вещества в уплотненном осадке, г/л; C_{ex} – концентрация взвешенных веществ в сливной воде, г/л	C_{mud} – см. п. III.3.2; $C_{ex} = 1,0-1,5$ г/л согласно [8]
– концентрация сухого вещества в уплотненном осадке (г/л)	$C_{mud} = 10 \cdot (100 - P_{mud})$	P_{mud} – влажность уплотненного осадка, %	$P_{mud} = 94,8-95,0$ %
– количество уплотненного сброженного осадка (м ³ /сут)	$Q_{mud} = \frac{q_{см} \cdot C_{см} \cdot \Theta}{C_{mud} \cdot 100}$	$Q_{см}$ – расход смеси сброженного осадка и технической воды, м ³ /сут	$Q_{см}$ – см. п. III.3.4
– расход смеси сброженного осадка и технической воды (м ³ /сут)	$q_{см} = q_{co} \cdot (1 + q_{ww})$	q_{co} – расход сброженных осадков, м ³ /сут; q_{ww} – удельный расход технической воды, м ³ /м ³ .	Принимается по исходным данным либо в диапазоне 0,5–1,0 % от $Q_{сут}$, согласно [4; 7]; $2,8 \leq q_{ww} \leq 3,2$ м ³ /м ³ , согласно [8]
– концентрация смеси осадка и воды (г/л)	$C_{см} = 10 \cdot (100 - P_{см})$	$P_{см}$ – влажность смеси осадка и воды, %	$P_{см}$ – см. п. III.3.6

Продолжение таблицы

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– влажность смеси осадка и воды (%)	$P_{см} = 100 - \frac{100 - P_{co}}{1 + q_{ww}}$	P_{co} – влажность сброженного осадка, %.	$P_{co} = 97-98$ % согласно [4; 7]
– объем зоны осадкоразделения (m^3)	$W_{op} = \frac{q_{см} \cdot t_{op}}{24}$	$q_{см}$ – см. п. III.3.4; t_{op} – продолжительность осадкоразделения, час	t_{op} – принимается по рисунку Приложения 11 в зависимости от $q_{см}$, P_{mud} и C_{ex}
– объем зоны осадкоуплотнения (m^3)	$W_{mud} = \frac{q_{mud} \cdot t_{mud}}{24}$	q_{mud} – см. п. III.3.3; t_{mud} – продолжительность осадкоуплотнения, час	t_{mud} – принимается по рисунку Приложения 10 в зависимости от q_{mud} , P_{mud} и C_{ex}
– количество осадкоуплотнителей	$N = \frac{W_{op} - W_{mud}}{W_1}$	W_{op} – см. п. III.3.7; W_{mud} – см. п. III.3.8; W_1 – объем типовых РОУ, m^3	$W_1 = 2000$; 3000 ; 4000 ; $4500 m^3$
– радиус осадкоуплотнителя (м)	$R = \frac{3,5 - 5 \cdot W_{op}}{(\pi)^{1/3}}$	W_{op} – см. п. III.3.7	–
– высота зоны осадкоуплотнения (м)	$h_{mud} = \frac{W_{mud}}{\pi \cdot R^2}$	–	–
– высота зоны осадкоразделения (м)	$h_{op} = \frac{W_{op}}{\pi \cdot R^2}$	–	–
– высота конической части (м)	$h_{кон} = i \cdot R$	i – уклон дна	$i = 0,01-0,03$
общая глубина РОУ (м)	$H_{tot} = h_{op} + h_{mud} + h_{кон}$	–	–
– скорость радиального движения потока смеси в РОУ (м/с)	$v_{rad} = \frac{q_{см}}{86400 \cdot \pi \cdot R \cdot h_{op}}$	–	–

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
Сооружения для промывки сброженных осадков	–	–	–
Объем камер промывки сброженных осадков (м ³)	$W_{\text{муд}} = \frac{q_{\text{см}} \cdot t_{\text{пр}}}{t_{\text{выгр}} \cdot 60}$	$q_{\text{см}}$ – см. п. III.3.4; $t_{\text{пр}}$ – продолжительность промывки, мин; $t_{\text{выгр}}$ – суточная продолжительность выгрузки сброженного осадка из метантенков, час	$t_{\text{пр}} = 15\text{--}25$ мин; $t_{\text{выгр}} = 20\text{--}21$ час
Примечания к п. Объем камер промывки сброженных осадков (м³):			
1. Конструкция камер промывки принимается по типу вертикальных песколовок с круговым движением жидкости по стандартному диаметру;			
2. Смешение и промывка осадка осуществляется сжатым воздухом			
Расход сжатого воздуха для барботирования смеси (м ³ /сут)	$q_{\text{сж.возд.}} = q_{\text{уд.сж.возд.}} \cdot q_{\text{см}}$	$q_{\text{см}}$ – см. п. III.3.4; $q_{\text{уд.сж.возд.}}$ – удельный расход сжатого воздуха, м ³ /м ³	$q_{\text{уд.сж.возд.}} = 0,4\text{--}0,6$ м ³ /м ³
Примечание к пп. III. Сооружения для уплотнения осадков сточных вод:			
Удаление осадков из сооружений предусматривать в соответствии с рекомендациями [8], п. 6.66–6.70.			
IV. Сооружения по стабилизации осадков сточных вод			
Метантенки	–	–	Расчет илоуплотнителей производят на максимальный часовой приток ИАИ

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– количество сырого осадка из первичных отстойников (м ³ /сут)	$Q_{\text{mud}}^{\text{co}} = \frac{100 \cdot G_{\text{cux}}}{100 - P_{\text{mud}}^{\text{co}}} \cdot \rho$ $G_{\text{cux}} = \frac{C_{\text{en}} \cdot \mathcal{E}_1 \cdot K \cdot Q}{10^6}$	<p>Q – расход сточных вод, (м³/сут); C_{en} – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, мг/л; Э₁ – эффект осветления сточной воды, д. е.; P_{mud}^{co} – влажность сырого осадка, %; ρ – плотность сырого осадка, г/м³; K – коэффициент увеличения объема осадка за счет крупных фракций</p>	<p>Q – см. п. III.1.1; C_{en} – принимается по исходным данным либо по п. III.1.3; Э₁ = 0,45–0,65; P_{mud}^{co} = 93–95 %; ρ = 1,0–1,15 г/см³; K = 1,1–1,3</p>
– количество осадка, выпавшего в контактных резервуарах (м ³ /сут)	$Q_{\text{кр}} = \frac{a \cdot Q}{1000}$	<p>Q – расход сточных вод, (м³/сут); a – удельное количество осадков, выпадающее в контактных резервуарах, л/м³;</p>	<p>Q – см. п. III.1.1; a = 1,5 л на 1 м³ сточной воды после их очистки в азротенках и биофильтрах</p>
– количество био пленки (м ³ /сут)	$Q_{\text{бп}} = \frac{b_i \cdot N_L \cdot 100}{10^6 \cdot (100 - P_{\text{mud}}^{\text{бп}})}$	<p>b_i – количество загрязненных веществ в сточной воде после биофильтров, г/сут на 1 чел; N_L – приведенное число жителей по органическим загрязнениям, чел; P_{mud}^{бп} – влажность био пленки, %</p>	<p>b_i = 28 г/сут на 1 чел; N_L – по исходным данным либо по расчету, чел; P_{mud}^{бп} = 95,5–96,5 %</p>

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– общее количество осадков (м ³ /сут)	$Q_{mud}^{tot} = Q_{mud}^{co} + Q_{KP} + Q_{БП}$ или $Q_{mud}^{tot} = Q_{mud}^{co} + Q_{KP} + Q_{mud}^{an}$	Q_{mud}^{an} – суточное количество уплотненного ила, м ³ /сут; Q_{mud}^{an} – см. п. III.2.6;	–
– средняя влажность смеси осадков, поступающих в метантенк (%)	$P_{mud}^{cp} = \frac{Q_{mud}^{co} \cdot P_{mud}^{co} + Q_{KP} \cdot P_{KP} + Q_{mud}^{an} \cdot P_{mud}^{an}}{Q_{mud}^{tot}}$ или $P_{mud}^{cp} = \frac{Q_{mud}^{co} \cdot P_{mud}^{co} + Q_{KP} \cdot P_{KP} + Q_{БП} \cdot P_{БП}}{Q_{mud}^{tot}}$	P_{KP} – влажность осадка из кон- тактных резервуаров, %; Q_{mud}^{tot} – см. п. IV.1.4; $P_{БП}$, P_{mud}^{co} , P_{mud}^{an} – соответственно см. пп. IV.1.3, IV.1.1, III.2.5	$P_{KP} = 97-97,5$ %;
– объем метантенков (м)	$W_{mt} = \frac{100 \cdot Q_{mud}^{tot}}{D_{mud}}$	D_{mud} – доза загрузкиемой в метантенк смеси осадков, %.	Устанавливается от принятого режима сбраживания и влажности смеси осадков по данным Приложения 3
<p>Примечание к п. Объем метантенков:</p> 1. При наличии в сточных водах ПАВ, суточную дозу D_{mud} рекомендуется уточнять по СНиП [8], п. 5.351; 2. Конструктивные размеры метантенков принимаются по величине W_{mt} по [3], таблица 6.3, стр. 204 или [13, 14, 15].			
Расчет сооружений по сбору и хранению газов, образующихся при анаэробном сбраживании	–	–	–

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– количество сухого вещества в сыром осадке (тонн/сут)	$G_{\text{сух}} = \frac{C_{\text{ен}} \cdot \mathcal{E}_1 \cdot K \cdot Q}{10^6}$	Параметры см. п. IV.1.1	–
– количество сухого вещества в избыточном активном иле (тонн/сут)	$U_{\text{сух}} = \frac{[0,8 \cdot C_{\text{ен}} \cdot (1 - \mathcal{E}_1) + (a_0 \cdot L_{\text{ен}} - b) \cdot Q]}{10^6}$ $\mathcal{E}_1 = \frac{C_{\text{ен}} - C_{\text{едп}}}{C_{\text{ен}}}$	<p>\mathcal{E}_1 – эффект задержания взвешенных веществ в первичных отстойниках, %;</p> <p>$C_{\text{ен}}$ – см. п. IV.2.1;</p> <p>$L_{\text{ен}}$ – см. п. III.1.3; b – вынос активного ила из вторичных отстойников в водоем, мг/л;</p> <p>Q – см. п. III.1.1;</p> <p>a₀ – коэффициент прироста избыточного активного ила;</p> <p>C_{едп} – см. п. III.1.3;</p>	<p>Параметры см. п. IV.2.3</p> <p>Согласно [8], b ≤ 10 мг/л, т. е. можно принимать 10–20 мг/л;</p> <p>a₀ = 0,3–0,5;</p>
– расход беззольного вещества в сыром осадке (тонн/сут)	$Q_{\text{БВ}} = \frac{G_{\text{сух}} \cdot (100 - P_{\Gamma}) \cdot (100 - S_{\text{сет}})}{10^4}$	<p>G_{сух} – см. п. IV.2.1;</p> <p>P_Г – гигроскопическая влажность сырого осадка, %;</p> <p>S_{сет} – зольность сырого осадка, %</p>	<p>P_Г = 5–6 %;</p> <p>S_{сет} = 25–32 %</p>
– расход беззольного вещества в избыточном активном иле (тонн/сут)	$U_{\text{БВ}} = \frac{(U_{\text{сух}} \cdot (100 - P'_{\Gamma}) \cdot (100 - S_a))}{10^4}$	<p>U_{сух} – см. п. IV.2.2;</p> <p>P'_Г – гигроскопическая влажность избыточного активного ила, %;</p> <p>S_a – зольность избыточного активного ила, %</p>	<p>P'_Г = 5–6 %;</p> <p>S_a = 24–26 %</p>

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– общий расход сырого осадка и избыточного активного ила по беззольному веществу (тонн/сут)	$M_{БВ} = Q_{БВ} + I_{БВ}$	–	–
– предел сбраживания смеси осадков по беззольному веществу (%)	$R_{lim} = \frac{(a_0 \cdot Q_{БВ}) + (a_{II} \cdot U)}{M_{БВ}}$ <p>где</p> $a_{0(II)} = (0,92 \cdot Ж + 0,62 \cdot У + 0,34Б) \cdot 100$	<p>a_0 и a_{II} – пределы сбраживания для сырого осадка и активного ила;</p> <p>$Ж$ – содержание жиров в 1 г осадка, г/г; $У$ – содержание углеводов в 1 г осадка, г/г;</p> <p>$Б$ – содержание белков в 1 г осадка, г/г;</p>	<p>Если нет химического состава сырого осадка и активного ила, то следует принять: $a_0 = 53\%$; $a_{II} = 44\%$. $Ж = 0,25-0,32$ г/г; $У = 0,15-0,21$ г/г; $Б = 0,24-0,35$ г/г, или принимается по исходным данным химического анализа сырого осадка и активного ила;</p>
– расход беззольного вещества в зависимости от дозы загрузки смеси (тонн/сут)	$R_r = \frac{(R_{lim} - (K_r \cdot D_{mud}))}{100}$	<p>D_{mud} – см. п. IV.1.6; R_{lim} – см. п. IV.2.6; K_r – коэффициент зависмый от влажности смеси осадков</p>	<p>K_r – Принимать согласно [8], таблице 61, с. 56 либо по данным Приложения 4</p>
– количество газа, образующегося при сбраживании смеси осадков, при удельном весе газа, равном 1 кг/м ³ (м ³ /сут)	$\Gamma = R_r \cdot M_{БВ} \cdot 1000$	–	–

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– требуемый объем газгольдеров (м ³)	$W_{\Gamma} = \frac{\Gamma \cdot t_{\Gamma}}{24}$	t_{Γ} – время выхода газа, час	$t_{\Gamma} = 2-4$ часа
Примечание к п. Требуемый объем газгольдеров: 1. Конструктивные размеры газгольдеров следует определять по [13], пп. 36.6, стр. 325 или [14]. 2. Расчет газгольдеров следует производить по [8], пп. 6.357–6.363;			
– продолжительность хранения газа в газгольдере (сут)	$t = \frac{24 \cdot W'_{\Gamma} \cdot n_{\Gamma}}{\Gamma}$	W'_{Γ} – объем типовых выбранных газгольдеров, м ³ ; n_{Γ} – количество газгольдеров	В соответствии с п. IV.2.9 или по [13], по табл. 36.6; $n_{\Gamma} \geq 2$
Аэробные стабилизаторы	–	–	Используются на станциях аэрации пропускной способностью до 50000 м ³ /сут
(Рекомендуемый диапазон концентрации активного ила 10–15 г/л, а смеси осадка и активного ила 15–20 г/л)			
– продолжительность аэробной стабилизации для активного ила (сут)	$t_{sa} = \left(\frac{1}{V_{mu}} \right) \cdot (K_s + C_{sset}) \cdot (1 + \phi_{II} \cdot C_{sa}) \cdot 1,08^{(20-T)}$	V_{mu} , K_s , ϕ_{II} – константы для городских сточных вод; C_{sset} – средняя концентрация сырого осадка, г/л; C_{sa} – средняя концентрация активного ила, г/л;	$V_{mu} = 28,57$ г/л·сут; $K_s = 30$ г/л; $\phi_{II} = 0,0576$ л/г; C_{sset} – см. п. IV.3.2; C_{sa} – см. п. IV.3.3.
Примечание к п. Продолжительность аэробной стабилизации для активного ила: 1. Расчет ёмкости стабилизатора производят на среднюю зимнюю температуру осадков в сооружении ($T = +12-18$ °С).			
– концентрация сырого осадка (г/л)	$C_{sset} = \frac{C_{set} \cdot Q^{co}_{mud}}{Q^{an}_{mud} + Q^{co}_{mud}}$	C_{set} – концентрация сухого вещества сырого осадка, г/л; Q^{co}_{mud} – расход сырого осадка, м ³ /сут; Q^{an}_{mud} – расход активного ила, м ³ /сут	По исходным данным или $C_{set} = 40-60$ г/л; Q^{co}_{mud} – см. п. IV.1.1; Q^{an}_{mud} – см. п. IV.1.4

Продолжение таблицы

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– концентрация активного ила (г/л)	$C_{sa} = \frac{C_a \cdot Q_{mud}^{an}}{Q_{mud}^{an} + Q_{mud}^{co}}$	C_a – концентрация сухого вещества активного ила, г/л	По исходным данным или $C_a = 5-15$ г/л;
– продолжительность стабилизации смеси активного ила и сырого осадка (сут)	$t_{sm} = \left(\frac{1}{V_m \cdot X_0} \right) \cdot ((K_s + C_{sset}) \cdot (1 + \varphi \cdot C_{sa})) \cdot 1,08^{(20-T)}$	V_m, K_s, φ – константы для городских сточных вод; X_0 – концентрация смеси активного ила и сырого осадка, г/л; T – температура активного ила либо смеси активного ила и осадка, °C;	$V_m = 11,27$ г/л·сут; $K_s = 13,3$ г/л; $\varphi = 2$ л/г; X_0 – см. п. IV.3.5; $T = +12-18$ °C.
– концентрация смеси осадков (г/л)	$X_0 = \frac{C_{sa} + C_{sset}}{2}$	–	–
– удельный расход воздуха на стабилизацию (м ³ / м ³)	$q_s = \frac{1000 \cdot q_{so} \cdot C_s}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_T \cdot (C_a - C_0)}$	q_{so} – удельный расход кислорода, кг/кг; C_s – концентрация беззольной части осадка в стабилизаторе, кг/м ³ ; K_1 – коэффициент учитывающий тип аэратора; K_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэратора;	q_{so} – см. п. IV.3.9; C_s – см. п. IV.3.8; K_1 – по [8], табл. 42, с. 38; K_2 – по [8], табл. 43, с. 38;
– коэффициент температуры	$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T - 20)$	T – см. п. IV.3.4; K_3 – коэффициент качества воды; K_T – коэффициент температуры; C_0 – средняя концентрация кислорода в сооружении, мг/л	Для городских сточных вод $K_3 = 0,85$. При наличии СПАВ по [8], табл. 44, с. 38; K_T – см. п. IV.3.7; $C_0 = 2$ мг/л

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– концентрация беззольной части осадка (кг/м ³)	$C_s = \frac{C_{set} \cdot (100 - S_{set}) \cdot Q_{mud}^{co} + C_a \cdot (100 - S_a) \cdot Q_{mud}^{su}}{Q_{mud}^{co} + Q_{mud}^{su}}$	S_{set} – зольность сырого осадка, %; S_a – зольность активного ила, %	$S_{set} = 25-32$ %; $S_a = 24-26$ %
– удельный расход кислорода (кг/кг)	$q_{co} = \frac{q_{sa} + B \cdot q_{sset}}{1 + B}$	q_{sa} – удельный расход активного ила, кг/кг; q_{sset} – удельный расход сырого осадка, кг/кг; B – отношение беззольной части сырого осадка к беззольной части активного ила в исходной смеси	$q_{sa} = 0,25-0,3$ кг/кг; $q_{sset} = 1,0-1,2$ кг/кг; B – см. [13]. п. 36.6
Примечание к п. Аэробные стабилизаторы:			
1. Аэрация осадков производится при помощи фильтросных элементов и труб, обеспечивающих необходимую интенсивность и продолжительность перемешивания. При этом распределение воздуха следует принимать по данным Приложения 5.			
2. Проектирование сооружений по стабилизации осадков сточных вод производить по [8], п.п. 6.364–6.367. Размеры принимать по данным Приложения 6			
Иловые площадки	–	–	–
– полезная площадь иловых площадок (м ²)	$F_n = \frac{Q_{mud}^{tot} \cdot 365}{k \cdot R}$	Q_{mud}^{tot} – объем смеси осадков, м ³ /сут; k – нагрузка по осадку, м ³ /(м ² · год); R – климатический коэффициент	Q_{mud}^{tot} см. п. IV.4.2; k – по [8], табл. 64 и рис. 3 на с. 60; R – по [8], рис. 3 на с. 60
– объем смеси осадков (м ³ /сут)	$Q_{mud}^{tot} = Q_{mud}^{co} + Q_{mud}^{su}$ (или $Q_{БП} + Q_{КР}$)	–	–

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– фактическая площадь иловых площадок (м ²)	$F_{\text{факт}} = (1,2 \div 1,4) \cdot F_n$	–	–
– высота слоя намораживания осадка в зимнее время (м)	$h_{\text{намор}} = \frac{Q_{\text{муд}}^{\text{tot}} \cdot t \cdot K_1}{F_n \cdot K_2}$	t – период намораживания, сут; K ₁ – коэффициент испарения и фильтрации в зимнее время; K ₂ – коэффициент учитывающий часть площади, отводимой под намораживание	t – по [8], рис. 3 на стр. 60; K ₁ = 0,75; K ₂ = 0,80.
– количество подсушенного осадка, подлежащего выгрузке (м ³ /сут)	$Q_{\text{выгр}}^{\text{муд}} = \frac{Q_{\text{муд}}^{\text{tot}} \cdot 365 \cdot (100 - P_1)}{100 - P_2}$	P ₁ – влажность осадка выгружаемого на иловые площадки, %; P ₂ – влажность подсушенного осадка, %	По исходным данным или принимать равным: P ₁ = 95–97,5 %; P ₂ = 75–80 %.
– размеры карт и число иловых площадок	$n_{\text{шт}} = \frac{F_{\text{факт}}}{V_i \cdot L_i}$	V _i – ширина одной карты, м; L _i – длина одной карты, м	V _i = 30–100 м; L _i = 100–250 м
Примечание к п. IV.4:			
1. Минимальное количество иловых площадок – 4.			
2. Остальные технологические и конструктивные параметры следует принимать в соответствии с [8], пп. 6.387–6.400.			
3. Количество иловой воды составляет 30–50 % объема обезвоживаемого осадка.			

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
Подбор типов вакуум-фильтров и другого оборудования для механического обезвоживания осадков сточных вод	–	–	–
– общая потребная площадь вакуум-фильтров (м ²)	$F_{\text{ит}} = \frac{Q_{\text{mud}}^{\text{tot}} \cdot (100 - P_{\text{см}})}{t \cdot q_{\text{вф}} \cdot 100}$	$Q_{\text{mud}}^{\text{tot}}$ – см. п. IV.4.2; $P_{\text{см}}$ – влажность смеси осадков, %; t – продолжительность работы вакуум-фильтра, (час); $q_{\text{вф}}$ – производительность вакуум-фильтров, (кг/м ² ·час)	$P_{\text{см}} = 94-96\%$; $t = 12-24$ час или по исходным данным; $q_{\text{вф}}$ – по [8], табл. 62 на с. 59
– количество вакуум-фильтров	$n_{\text{вф}} = \frac{F_{\text{ит}}}{F_1}$	F_1 – фильтрующая поверхность одного типового вакуум-фильтра, м ²	F_1 – принимать по Приложению 7
Примечание к п. Подбор типов вакуум-фильтров...: 1. Дозы реагентов следует принимать в зависимости от вида осадков сточных вод по [8], п. 6.373 на с. 58, а расчет сооружений приведен ниже в п. VI. 2. Проектирование вакуум-фильтров следует производить согласно требованиям СНиП по [8], пп. 6.368–6.385 [4, 5, 17]. 3. При проектировании цеха механического обезвоживания осадка, необходимо предусматривать аварийные иловые площадки на 20 % годового количества осадков, согласно СНиП по [8], п. 6.386.			
Сооружения и устройства для реагентного хозяйства	–	–	В качестве реагентов применяются 10%-е растворы FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, CaO для осадков городских сточных вод

Продолжение таблицы

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– количество (суточное) хлорного железа (т/сут): • по чистому продукту; • по товарному продукту	$q_{\text{FeCl}_3}^{\text{чист}} = \frac{Q_{\text{mud}}^{\text{tot}} \cdot (100 - P_{\text{см}}) \cdot 4}{(10^4) q_{\text{FeCl}_3}^{\text{тов}}};$ $q_{\text{FeCl}_3}^{\text{тов}} = \frac{q_{\text{FeCl}_3}^{\text{чист}}}{0,6}$	$Q_{\text{mud}}^{\text{tot}}$ – см. п. IV.4.2; $P_{\text{см}}$ – влажность смеси осадков, %; 0,6 – содержание чистого FeCl₃ до 60 %	–
– суточное количество активной извести (т/сут): • по чистому продукту; • по товарному продукту.	$q_{\text{CaO}}^{\text{чист}} = \frac{Q_{\text{mud}}^{\text{tot}} \cdot (100 - P_{\text{см}}) \cdot 10}{(10^4) q_{\text{CaO}}^{\text{тов}}}$ $q_{\text{CaO}}^{\text{тов}} = \frac{q_{\text{CaO}}^{\text{чист}}}{0,7}$	$Q_{\text{mud}}^{\text{tot}}$ – см. п. IV.4.2; $P_{\text{см}}$ – влажность смеси осадков, %; 0,7 – содержание активного CaO до 70 %	–
– объем растворных ёмкостей для хранения 30%-го раствора хлорного железа (м ³)	$W_{\text{FeCl}} = \frac{q_{\text{FeCl}_3}^{\text{чист}} \cdot 10^4 \cdot t_1}{\Pi_1 \cdot C_{\text{FeCl}_3} \cdot 24}$	t_1 – продолжительность хранения, сут; Π_1 – процент содержания чистого хлорного железа в товарном продукте, %; C_{FeCl_3} – концентрация раствора FeCl₃ , %	$t_1 = 20-30$ сут; $\Pi_1 = 60$ %; $C_{\text{FeCl}_3} = 30$ %
<p>Примечание к п. Объем растворных ёмкостей для хранения 30%-го...:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. При проектировании принимать две растворные ёмкости, с расчетным объемом каждая; 2. Введение в осадок извести следует предусматривать после введения раствора хлорного железа. 			
– объем растворных ёмкостей для хранения 10%-го раствора известкового молока (м ³)	$W_{\text{CaO}} = \frac{q_{\text{CaO}}^{\text{чист}} \cdot 10^4 \cdot t_2}{\Pi_2 \cdot C_{\text{CaO}} \cdot 24}$	–	$t_2 = 15$ сут; $\Pi_2 = 70$ %; $C_{\text{CaO}} = 10$ %

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
<p>Примечание к п. Объем растворных ёмкостей для хранения 10%-го...:</p> <p>1. Минимальное количество ёмкостей – 2.</p> <p>2. Смешивание реагентов с осадком целесообразно производить в перегородчатых смесителях либо в барботажно-аэрационных устройствах с интенсивностью аэрации 3–6 м³/(м²·час).</p> <p>3. Перекачка скоагулированного осадка на вакуум-фильтры или фильтр-прессы допускается только при помощи плунжерных насосов либо монжоусов (под давлением сжатого воздуха).</p>			
<p>Подбор и расчет фильтр-прессов для механического обезвоживания осадков сточных вод</p>	<p>–</p>	<p>–</p>	<p>–</p>
<p>– производительность фильтр-пресса (тонн/час)</p>	$Q_{\text{фи}} = \frac{3,6 \cdot S \cdot h \cdot \rho_{\text{ос}} \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{mud}}}{100}\right)}{\tau_{\text{факт}} + \tau_{\text{всп}}}$	<p>S – фильтрующая поверхность фильтр-пресса, м²; h – толщина осадка, м; ρ_{ос} – плотность обезвоженного осадка, кг/м³; P_{mud} – влажность осадка, %; τ_{факт} – фактическая продолжительность фильтрования, с; τ_{всп} – время на вспомогательные операции, с</p>	<p>S = 2–140 м²; h – принимается равной 10–15 мм; ρ_{ос} = 1520–1550 кг/м³; P_{mud} – принимать в пределах 45–65 %; τ_{факт} = 1000–14000 с либо по графику зависимости в Приложении 12; τ_{всп} = 15–30 мин либо 900–1800 с</p>
<p>– отношение объема осадка к объему фильтра</p>	$U = \frac{C}{1 - \left(\frac{P_{\text{mud}}}{100}\right) \cdot \rho_{\text{ос}} - C}$	<p>C – концентрация твердой фракции осадка, кг/м³</p>	<p>C = 360–560 кг/м³</p>

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– количество фильтрата (м ³).	$Q_{\phi} = \frac{W_{mud}}{U}$	W_{mud} – объем осадка, м ³	–
– количество фильтр-прессов (шт).	$n_{\phi n} = \frac{Q_{mud.1}^{tot}}{Q_{\phi}}$	$Q_{mud.1}^{tot}$ – общее количество осадка, тонн/час	$Q_{mud.1}^{tot}$ – см. п. IV.7.5
	$Q_{mud.1}^{tot} = \frac{Q_{mud}^{tot} \cdot \rho_{mud}}{24}$	Q_{mud}^{tot} – объем осадка подвергающегося фильтрпрессованию, м ³ /сут; ρ_{mud} – плотность уплотненного осадка, тонн/м ³	Q_{mud}^{tot} – см. п. IV.4.4; $\rho_{mud} = 1,2-1,3$ тонн/м ³
Примечание к п. Подбор и расчет фильтр-прессов...:			
1. Тип фильтр-прессов принимать по данным Приложения 8.			
2. Реагенты назначать в соответствии с [8], пп. 6.372–6.379, а также п. IV.6 настоящего учебно-методического пособия			
Подбор и расчет центрифуг для обезвоживания осадков сточных вод	–	–	–
– прирост активного ила на 1 м ³ сточной воды (г/сут)	$P_{ед} = P_i \cdot Q$	P_i – прирост активного ила, г/м ³ ; Q – расход сточных вод, м ³ /сут.	P_i – см. п. III.1.3; Q – см. п. III.1.1
– коэффициент выноса взвешенных веществ из первичных отстойников	$K_1 = 1 - \left(\frac{\mathcal{E}_1}{100} \right)$	\mathcal{E}_1 – см. п. IV.1.1	–
– коэффициент выноса взвешенных веществ из центрифуги	$K_2 = 1 - \left(\frac{\mathcal{E}_2}{100} \right)$	\mathcal{E}_2 – эффект задержания сухого вещества сырого осадка в центрифуге, %	$\mathcal{E}_2 = 45-60$ %

Продолжение таблицы 5

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– увеличение концентрации взвешенных веществ при подаче фугата в первичный отстойник (г/м ³)	$C_{\text{нф}} = \frac{C_{\text{ен}} + (C_{\text{ен}} \cdot K_2 \cdot (1 - K_1))}{1 - K_2 \cdot (1 - K_1)}$	$C_{\text{ен}}$ – см. п. IV.1.1. K_2 и K_1 – см. пп. IV.8.2–IV.8.3	–
– объем сырого осадка после центрифугирования (м ³ /сут)	$V_{\text{co}} = \frac{Q_{\text{mud}}^{\text{co}} \cdot (100 - P_{\text{mud}}^{\text{co}}) \cdot 100 \cdot \mathcal{E}_2}{100 \cdot (100 - P_{\text{mud}}^{\text{кжк}}) - (100)}$	$Q_{\text{mud}}^{\text{co}}$ – см. п. IV.1.1; $P_{\text{mud}}^{\text{co}}$ – см. п. IV.1.1; \mathcal{E}_2 – см. п. IV.8.3; $P_{\text{mud}}^{\text{кжк}}$ – влажность обезвоженного осадка (кэка), %	$P_{\text{кжк}}^{\text{mud}} = 60-75\%$
– масса кэка (тонн/сут)	$M_{\text{кжк}} = V_{\text{co}} \cdot \rho_{\text{кжк}}$	$\rho_{\text{кжк}}$ – плотность кэка, тонн/м ³	$\rho_{\text{кжк}} = 0,8-0,9$ тонн/м ³
– коэффициент прироста активного ила	$K_3 = \frac{C_{\text{нф}}}{C_{\text{ен}}}$	$C_{\text{нф}}$ – см. п. IV.8.4; $C_{\text{ен}}$ – см. п. IV.1.1	–
– прирост массы активного ила (м ³)	$P_{\text{маи}} = \frac{P_{\text{ед}} \cdot Q \cdot K_3}{10^6}$	$P_{\text{ед}}$ – см. п. IV.8.1; Q – см. п. III.1.1	–
– масса ила при центрифугировании (м ³)	$M_{\text{аи}} = \frac{P_{\text{маи}} \cdot 100}{\mathcal{E}_3}$	\mathcal{E}_3 – эффект задержания сухого вещества активного ила в центрифуге, %	$\mathcal{E}_3 = 20-30\%$
– объем ила подаваемого на центрифугирование (м ³ /сут)	$V_{\text{аи}} = \frac{M_{\text{аи}} \cdot 100}{100 - P_{\text{муд}}^{\text{аи}}}$	$P_{\text{муд}}^{\text{аи}}$ – влажность уплотненного активного ила, %	$P_{\text{муд}}^{\text{аи}}$ – см. п. III.1.9
– общее количество осадка, подаваемого на центрифугирование (м ³ /сут)	$V_{\text{ц}} = V_{\text{co}} + V_{\text{аи}}$	V_{co} – см. п. IV.8.5; $V_{\text{аи}}$ – см. п. IV.8.10	–

Наименование сооружений и устройств	Расчетные формулы и уравнения	Условные обозначения к формулам	Примечания
– требуемая производительность (м ³ /час)	$\Pi_{ц} = \frac{10 \cdot \Pi_{исх} \cdot (100 - \rho_{mud}^{cp}) \cdot \rho_{mud} \cdot \mathcal{E}_2}{2100 - \rho_{mud}^{кк} * 100}$	<p>$\Pi_{исх}$ – производительность центрифуг по исходному осадку, м³/час</p>	<p>$\Pi_{исх} = 5-20$ м³/час. Примечание. Большие значения следует применять для активного ила</p>
– средняя влажность смеси осадков (%)	$\rho_{mud}^{cp} = \frac{\rho_{mud}^{co} + \rho_{mud}^{an} + \rho_{mud}^{sp} + \rho_{mud}^{bu}}{n}$	<p>ρ_{mud}^{co} – см. п. IV.1.1; ρ_{mud}^{an} – см. п. III.1.9; ρ_{mud}^{sp} – см. п. IV.1.5; ρ_{mud}^{bu} – см. п. IV.1.3; n – количество осадков в единицах; ρ_{mud} – плотность смеси осадков, тонн/м³; \mathcal{E}_2 – см. п. IV.8.5; $\rho_{mud}^{кк}$ – см. п. IV.8.5</p>	<p>$n = 1, 2, 3, 4, \dots$; $\rho_{mud} = 1$ тонна/м³</p>
– количество рабочих центрифуг	$n_p = \frac{V_{ц}}{\Pi_{ц} * t_{ц}}$	<p>$V_{ц}$ – см. п. IV.8.11; $\Pi_{ц}$ – см. п. IV.8.12; $t_{ц}$ – продолжительность работы центрифуги, час</p>	<p>$t_{ц} = 8, 16, 24$ часа</p>
<p>Примечание к п. Подбор и расчет центрифуг...:</p> <p>1. Конструирование и расчет центрифуг рекомендуется производить согласно нормам [8], пп. 6.380–6.386 и [17].</p> <p>2. Подбор конструктивных размеров и параметров центрифуг следует производить по данным Приложения 9</p>			
Термическая сушка и сжигание осадков сточных вод	–	–	–
<p>(Выбор методов и способов сушки или сжигания осадков сточных вод следует производить в соответствии с требованиями и нормами [8], по пп. 6.401–6.415; 14; § 8.6 на с. 183–208)</p>			

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД. УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Главным образом осадки сточных вод используются в сельском хозяйстве в качестве органо-минерального и азотно-фосфорного удобрений. Осадок содержит все необходимые для растений микроэлементы (азот, фосфор, калий). Наиболее ценным удобрением является активный ил. Внесение осадка в почву увеличивает всхожесть сельскохозяйственных культур.

Осадки предпочтительно использовать под зерновые, кормовые и технические культуры, так как они не идут непосредственно в пищу человека.

Оценивая осадки сточных вод как удобрение, необходимо учитывать и отрицательные их качества (наличие производственных сточных вод дает токсичные вещества). Микроэлементы в повышенных концентрациях тоже могут оказывать неблагоприятное воздействие на рост и качество сельскохозяйственных культур (необходима предварительная локальная очистка).

Осадок городских сточных вод, используемый в качестве удобрений, должен иметь следующую характеристику:

- влажность ≤ 50 %;
- органическое вещество ≥ 40 % от массы сухого вещества;
- общий азот $\geq 1,6$ % от массы сухого вещества;
- $P_2O_5 \geq 0,6$ % от массы сухого вещества;
- $K_2O_5 \geq 0,2$ % от массы сухого вещества.

Такие же требования предъявляются к компосту, получаемому из осадков сточных вод. На каждую порцию (вес до 1000 тонн) выдаваемого потребителю осадка выдается паспорт, в котором указывается: тип, количество, влажность, органическое вещество, содержание N, P_2O_5 , K, Ca и Mg, гранулометрический состав, наличие вредных примесей.

Осадок также можно использовать в качестве топлива. При этом зола после сжигания может использоваться для подщелачи-

вания почв, в качестве присадочного материала, при изготовлении строительных конструкций и т. п.

Осадок сточных вод возможно использовать в качестве кормовых добавок (например активный ил), для получения витамина В₁₂, аминокислот (БВК) и т. д.

Выбор технологической схемы обработки осадков

Выбор технологической схемы обработки осадков сточных вод должен производиться на основании технико-экономического обоснования [10, 16, 17] с учетом конкретных местных условий, свойств осадков сточных вод, обеспеченности реагентами, топливом и транспортом, а также возможности утилизации осадков.

Основными физико-химическими показателями, на основании которых производится выбор технологической схемы обработки осадков сточных вод, подбор оборудования и определение параметров и режима работы, являются:

- водоотдающая способность осадка (R , индекс центрифугирования);
- сжимаемость;
- химический состав;
- теплофизические характеристики;
- характеристики пожаро- и взрывоопасности;
- количество;
- состав сточных вод.

На рисунках 2 и 3 приведены технологические схемы очистки городских сточных вод с указанием видов образующихся при этом осадков сточных вод.

На рисунке 3 приведены рекомендуемые технологические схемы (см. схемы «А», «Б», «В» и «Г») по обработке осадков сточных вод. Далее на рисунках 4–8 приведены конкретные технологические схемы по обработке осадков сточных вод.

В частности на:

- рисунке 4 приведена технологическая схема обработки осадков сточных вод, которые были уловлены на решетках;

- рисунке 5 приведена технологическая схема обработки осадков сточных вод, уловленных в песколовках;
- рисунке 6 приведена технологическая схема обработки осадков сточных вод, уловленных в первичных отстойниках;
- рисунке 7 приведена технологическая схема обработки осадков сточных вод, уловленных во вторичных отстойниках;
- рисунке 8 приведена технологическая схема обработки смеси осадков сточных вод (активный ил + биоплёнка), уловленных в первичных и вторичных отстойниках.

Изучение свойств конкретных осадков производится с учетом соотношения в смеси осадка первичных отстойников и активного ила и изменения свойств осадков при их подготовке к обезвоживанию, термической сушке и сжиганию.

При выполнении технико-экономического обоснования [16, 18] следует учитывать капитальные и эксплуатационные затраты, которые зависят от местных условий, тарифа на электроэнергию, стоимости топлива и реагентов, от количества и дозы реагентов, степени обезвоживания и т. д.

При выборе аппаратов для обезвоживания осадков сточных вод большое значение имеет увязка их параметров и режима работы со всей технологической схемой обработки и утилизации осадков, а также с работой сооружений по очистке сточных вод.

Например, при обезвоживании термофильно сброженного осадка с последующей утилизацией в качестве удобрения целесообразно применять центрифуги или ленточные фильтр-прессы с флокулянтами.

Сжиганию целесообразно подвергать несброженные осадки, а теплоту, получаемую при сбраживании осадков в метантенках, рациональнее использовать на технологические нужды станций аэрации (например при термической сушке механически обезвоженного осадка).

Компостированию целесообразно подвергать обезвоженные сырые осадки, так как они содержат большое количество органических веществ, чем анаэробно- и аэробно-стабилизированные.

На крупных станциях аэрации целесообразно применение термической сушки механически обезвоженных осадков, позволяющих сократить транспортные расходы и получать удобрение.

Если осадок не подлежит утилизации в качестве удобрения, то может применяться сжигание с использованием получаемого тепла и золы.

При проектировании цехов по обработке осадков сточных вод наряду с технологическими вопросами должны решаться вопросы организации доставки, получения и хранения реагентов, вывозки и складирования обработанных осадков.

Окончательный выбор метода и технологической схемы обработки осадков сточных вод должен основываться на технико-экономических расчетах рассматриваемых вариантов обработки осадков [16, 18].

5. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

В осадках находятся практически все возбудители болезней человека и животных (различные бактерии и вирусы, яйца гельминтов).

В 1 мл городских сточных вод имеется > 1 млрд различных бактерий. Поскольку в процессе очистки городских сточных вод основные загрязнения выпадают в осадок, он имеет эту цифру значительно выше. Число яиц гельминтов в 1 кг осадка из первичных отстойников, активного ила и сброженной в мезофильных условиях смеси достигает нескольких сотен.

В механически обезвоженных осадках число яиц гельминтов возрастает и достигает нескольких тысяч на 1 кг осадка. Попадая в водоём, а также при подсушке на иловых площадках необезвреженного осадка часть яиц гельминтов погибает, а часть может храниться длительное время, либо развиваться до личинок. На иловых площадках личинки сохраняют жизнеспособность до 5 лет и более.

Для обезвреживания осадков сточных вод могут применяться следующие методы:

- термические (сушка, прогревание, сжигание);
- биотермические (компостирование);
- химические (химическими веществами);
- биологические (уничтожение простейшими, грибами, растениями почвы);
- физическое воздействие (радиация, токи высокой частоты, ультразвуковые колебания, ультрафиолетовое излучение) и т. д.

Обезвреживание нагреванием

Установлено, что яйца гельминтов погибают в процессе нагревания. Так, при температуре среды $t = +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ яйца гельминтов погибают в течение 2 часов, при $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – в течение нескольких минут, а при $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ – в течение нескольких секунд.

В соответствии с нормами СНиП [8], аппараты для термической обработки должны обеспечить прогрев всей массы осадка до t не менее $+60$ °С. Более высокие температуры позволяют уничтожить в осадках не только яйца и патогенные микроорганизмы, но и вирусы.

Нагревание осадков до $t = +60$ °С может осуществляться в теплообменниках, в сооружениях типа метантенков, в пастеризаторах, нагревателях со встречными струями, введением острого пара в трубопровод для подачи осадков.

Наиболее эффективными аппаратами для нагрева жидких осадков являются аппараты с использованием непосредственного контакта теплоносителей с осадками, в частности нагревателей со встречными струями, обеспечивающих барботажный нагрев осадков. В процессе такого нагревания происходит хорошее перемешивание (намного лучше и эффективнее механического). При этом температура по всему объёму выравнивается.

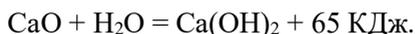
Сущность низкотемпературного ($t < +100$ °С) нагревания погружными газовыми горелками заключается в том, что продукты сгорания газа в горелках пропускают через среду. Продукты горения, выходящие без остатка в нагреваемую среду, почти мгновенно охлаждаются, при этом обеспечивается интенсивная передача теплоты.

За рубежом применяется метод нагревания осадков сточных вод в теплообменниках и реакторах – пастеризация осадков, а также в паровых нагревателях. При $t = +70$ °С осадок выдерживается 30 минут, а при $t = +80$ °С выдерживается 5 минут.

6. ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Химическое обеззараживание осадков сточных вод может осуществляться как для жидких, так и для обезвоженных осадков.

Гибель яиц гельминтов происходит при введении в осадок негашеной извести. При этом за счет гашения извести происходит повышение температуры осадков. Уравнение в данном случае имеет следующий вид:



Существуют формулы, по которым можно рассчитать дозу извести и на сколько градусов при этом может повыситься температура, а также посчитать влажность осадка после добавления извести.

Из экспериментальных данных установлено, что для достижения t , равной $+60$ °С, необходима доза извести 30 % по СаО. Концентрация осадка при этом возрастает на 50 и более процентов.

Способ обеззараживания осадков негашеной известью применяется в Финляндии, Германии, Швеции, США и др. странах [4, 7, 12, 15, 17].

При обеззараживании небольшого количества осадков сточных вод могут применяться хлорная известь, спирт, хлороформ, эфир, фенол и другие вещества, растворяющие липоидную оболочку яиц гельминтов. Однако это весьма дорого. В последнее время нашли применение такие вещества, как аммиак (аммиачная вода), формальдегид и др.

Полное обеззараживание механически обезвоженных осадков происходит при смешивании с аммиачной водой в количестве 5 % (по аммиаку) и выдержке не менее 10 суток или 8 % по массе осадка и выдержке не менее 5 суток (температура смеси должна быть $+18$ – 23 °С). При снижении температуры доза и продолжительность выдержки увеличиваются.

Можно для обеззараживания осадков использовать тиазон (используется для борьбы с нематодой). Тиазон при дозе 0,2–2 % общей массы осадка и продолжительности воздействия в течение 3–10 суток оказывает губительное воздействие на патогенные

бактерии, на яйца и личинки мух. При этом, если осадок использовать в качестве удобрения, то тиазон уничтожает в почве возбудителей инфекции, плесень, сорняки. В США применяют формальдегид в сочетании с мочевиной.

Применение извести, аммиака, тиазона, формальдегида с мочевиной позволяет использовать двойное их действие на осадки и почву. Однако тиазон, формальдегид, и особенно аммиак, токсичны. Кроме того, аммиак взрывоопасен. Доза внесения осадков обработанных химическими веществами должна устанавливаться с учетом их безопасного воздействия на окружающую среду.

7. РАДИАЦИОННЫЙ СПОСОБ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ

Радиационный способ обеззараживания осадков – это способ дегельминтизации осадков с использованием инфракрасного излучения. При этом способе передача теплоты вглубь осадка сточных вод производится путем теплопроводности. Инфракрасные лучи, проникая в осадок сточных вод, превращаются внутри него в тепловую энергию.

Температура прогрева регулируется скоростным движением ленты, числом работающих горелок и толщиной слоя обрабатываемого осадка сточных вод.

Время прогрева в зависимости от способа обеззараживания и толщины слоя варьируется в диапазоне от 2 до 7 минут.

8. КОМПОСТИРОВАНИЕ – БИОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Компостирование – это биотермический процесс разложения органических веществ, содержащихся в осадках, осуществляемый под действием аэробных микроорганизмов с целью обеззараживания, стабилизации и подготовки осадков к утилизации в качестве удобрений.

Аэробный процесс разложения органического вещества сопровождается выделением теплоты [4, 6, 7, 10, 17].

Наиболее простой метод – полевое компостирование (давно используется в сельском хозяйстве).

В результате компостирования погибают болезнетворные микроорганизмы, яйца гельминтов и личинки мух.

Метод наиболее эффективен при компостировании сырых осадков.

Однако он применяется и в комбинации с анаэробным сбраживанием в мезофильных условиях.

Процесс эффективен при влажности осадков до $\leq 60\%$, поэтому компостированию целесообразно подвергать механически обезвоженные или подсушенные на иловых площадках осадки.

Для создания пористой структуры и оптимального соотношения $C : N_2$ (20–30: 1) компостирование осуществляется в смеси с наполнителем (древесная кора, солома, листья, опилки, торф, сухой осадок и т. п.).

В процессе компостирования температура повышается от +50 до +80 °С, поэтому происходит обеззараживание осадков и сокращение его массы. Количество осадка уменьшается на 25–40 % и более.

Процесс компостирования осуществляется в штабелях на обвалованных асфальтобетонных или бетонных площадках с использованием средств механизации.

Важным фактором при компостировании является подача кислорода (воздуха).

Стехиометрическая потребность в кислороде составляет 2 кг O_2 на 1 кг органического вещества. В дальнейшем воздух требуется не только для продолжения процесса, но и для удаления влаги, поэтому его расход увеличивается.

Компост получается в виде сыпучего материала с влажностью 40–50 %. Готовый компост не имеет запаха, не загнивает и является хорошим удобрением.

Высота штабелей принимается до $h_1 = 2,5–3$ м при естественной аэрации и до $h_2 = 5$ м при принудительной. Форма штабелей трапециевидная. Длина штабеля не ограничивается.

Штабеля сверху должны укрываться безопасным в санитарном отношении материалом (например, накрываться готовым компостом толщиной в 20 см и более).

В процесс компостирования необходимо перемешивание (не менее 2–3-разовое за период компостирования).

Процесс компостирования идет в 2 фазы:

1 фаза – 1–3 недели – интенсивное развитие и размножение микроорганизмов, температура повышается до $+50–80$ °С;

2 фаза – фаза созревания компоста (от 2-х недель до 3–6 месяцев), температура $+40$ °С и менее.

Большой интерес представляет применяемая в ряде стран технология разведения червей на отходах – *вермикомпостирование*. Эта технология основана на способности червей заглатывать и в процессе своей жизнедеятельности перерабатывать большое количество органических остатков из отходов.

Для осуществления технологического процесса компостируемую массу укладывают в бурты высотой $h_{\text{бурта}} = 0,4–0,5$ м, которые хорошо аэрируются и периодически перелопачиваются и увлажняются (65–75 %). В массу вносят 1–2 кг червей на 1 м^2 площади. В процессе жизнедеятельности их количество достигает 30 тысяч экземпляров на 1 м^3 компостируемой массы осадка.

Органические удобрения получают через 3–4 месяца и по ряду показателей превосходят традиционный компост. Черви являются хорошей кормовой добавкой. Сложность представляет вопрос очистки их от субстрата, сушки, измельчения.

9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

Технология очистки и обработка осадков сточных вод включают в себя многообразные технологические приемы, которые выполняются благодаря применению оборудования, технического инвентаря и приборов, малой и большой техники, которые функционируют за счет использования электрической и тепловой энергии, горячего пара и воды, открытого и закрытого огня, различных горючих газов.

Безусловно, производственный персонал в процессе работы на производстве по очистке и обработке осадков сточных вод подвержен различного вида рискам:

- **индивидуальный риск** (человеческий фактор): технические ошибки; ранения; травмы; получение увечий; отравление газами; получение ожогов; нервное перенапряжение; состояние здоровья; и др.;
- **технический риск** (технические и сопутствующие факторы): аварии на машинах и механизмах; отказы в работе подъемной техники; электрические разряды; блуждающие токи; разлив реагентов; разгерметизация трубопроводов и ёмкостей транспортирующих кислоты и щёлочи, газы, горячую воду и пар; пожары на оборудовании и механизмах и пр.

Эксплуатирующий персонал подвержен указанным выше рискам и факторам воздействия, вследствие чего специалисты получают раны, повреждения и травмы разного вида и характера.

Особое внимание в вопросах охраны труда и техники безопасности необходимо уделять работе с людьми, так как зачастую главной причиной несчастных случаев все чаще становится «человеческий фактор», когда работники, пренебрегая всеми мерами предосторожности и безопасности, совершают действия или поступки, ведущие к их гибели или травмированию.

В связи с этим очень важно выстроить систему обучения и проведения инструктажей по охране труда, разработке инструкций по охране труда.

При этом следует исключить формализм и несерьезное отношение не только у работников, но и у непосредственных руководителей работ к вопросам охраны труда при обследовании, повысив их ответственность за жизнь и здоровье вверенных им специалистов.

Основная идеология современной охраны труда и техники безопасности – довести до сознания работодателей и работников мысль о том, что нет более высокой ценности, чем жизнь и здоровье человека, и никакая самая дорогая и необходимая продукция их не стоит.

В связи с изложенным на производстве и технологических объектах предприятий по очистке сточных вод и обработке осадков сточных вод персонал должен быть ознакомлен и владеть приемами оказания первой доврачебной помощи в реальных условиях производства, до прибытия карет скорой помощи.

В данном разделе рассматривается одно из важнейших условий безопасного труда – обладание знаниями и умениями при оказании первой доврачебной помощи на месте чрезвычайной ситуации или происшествия [19].

Риск получения травмы на работе не является нулевым. Владение приемами оказания первой доврачебной помощи позволит действовать уверенно в большинстве неотложных ситуаций, облегчить боль и страдания пострадавшего, уменьшить последствия травм и неожиданных заболеваний.

Каждый, должен заботиться о личной безопасности, а также о безопасности близких и окружающих людей и получить необходимые знания и умения для решительных действий в различных чрезвычайных ситуациях [20].

Необходимо знать следующие понятия:

- травмы и повреждения, потребовавшие оказание пострадавшему первой помощи без утраты трудоспособности или необходимости перевода на другую работу;
- травмы, повреждения и опасные события, подлежащие расследованию, относятся к несчастным случаям, с утратой трудоспособности от нескольких минут до нескольких часов в смену (происшествия относящиеся к «Категории Е»).

Обязанности и меры, принимаемые для предотвращения происшествий «Категории Е»

Согласно Регламенту о расследовании происшествий на производственных объектах в отношении происшествий «Категории Е», проводится процедура внутреннего расследования, направленная на объективное выявление причин происшествия и разработку мероприятий по предупреждению подобных происшествий.

Повторяющиеся (неоднократные, подобные) происшествия «Категории Е» расследуются комиссией по внутреннему расследованию происшествий в составе, утвержденном приказом организации. Каждая травма на производстве включается в ежеквартальный статистический отчет.

Расследование происшествий «Категории Е» проводится с целью внутреннего расследования, объективного выявления причин и разработки корректирующих мероприятий по предупреждению подобных происшествий в будущем (корректирующие и предупреждающие действия – действия, предпринимаемые для предотвращения повторного возникновения события и для предотвращения возникновения события).

Работник оказывает первую доврачебную помощь пострадавшему (при необходимости), используя навыки оказания первой помощи средствами аптечки на месте и незамедлительно оповещает о происшествии своего руководителя, независимо от тяжести последствий этого происшествия.

В данном случае акт формы «Н-1» не оформляется, а случай регистрируется в журнале регистрации травм на производстве.

Руководитель структурного подразделения организации возглавляет проведение внутреннего расследования происшествия и организует выполнение разработанных по результатам расследования корректирующих и предупредительных мероприятий.

Комиссия обязана провести расследование обстоятельств и причин повторяющихся случаев травм и указать меры действия по устранению причин несчастных случаев.

Аптечка первой помощи должна иметься в наличии в каждом структурном подразделении организации и находиться в доступ-

ном для каждого работника месте. Комплект изделий медицинского назначения и лекарственных средств должен постоянно обновляться и дополняться по мере их использования и сроков годности.

У работающих на производстве часто возникают мелкие повреждения или микротравмы: потертости, заусеницы, мозоли, ссадины, царапины, незначительные по размерам резаные раны, уколы гвоздем, шилом и т. д. Вследствие осложнений такие микротравмы могут явиться причиной длительной нетрудоспособности. Например, попадание в рану инфекции при небольшом ранении пальца может вызвать нагноение, которое распространится на всю фалангу пальца или даже на весь палец и кисть и потребует хирургического вмешательства.

Первая помощь

При работе на производстве возможны аварийные ситуации, приводящие к различным последствиям [21]. В результате аварий возможны разрушения и повреждения отдельных строительных конструкций и элементов зданий, сооружений, поломка техники и оборудования, затопление территорий, выход из строя линий связи, энергетических и коммунальных сетей, пожары, взрывы, что приводит к большим человеческим потерям и экономическому ущербу.

Первая помощь – это комплекс срочных мер к пострадавшему от несчастного случая на производстве или внезапного заболевания, направленных на прекращение действия повреждающего фактора, облегчение страданий и подготовку пострадавшего к отправке в лечебное учреждение.

Основными условиями успеха при оказании первой помощи пострадавшим при несчастных случаях являются быстрота действий, находчивость и умение оказывающего помощь [22]. Эти качества могут быть выработаны соответствующими тренировочными упражнениями и приобретением навыков. Оптимальным сроком оказания первой медицинской помощи считаются 30 минут после травмы.

При оказании первой доврачебной помощи следует соблюдать следующий порядок действий [21, 22]:

1. Освободить пострадавшего от воздействия травмирующего фактора, применяя необходимые меры и средства защиты (отделить от токоведущего элемента, вывести или вынести из зараженной атмосферы, извлечь из воды, погасить горящую одежду и т. д.).

2. Определить характер и тяжесть поражения, травмы, состояние потерпевшего.

3. Определить вид необходимой помощи – первой медицинской или реанимационной.

4. Приступить к оказанию первой медицинской или реанимационной помощи в соответствии с установленными правилами.

5. Восстановить проходимость дыхательных путей, провести качественную сердечно-легочную реанимацию, остановить кровотечение; иммобилизовать место перелома (наложить шину из подручного материала), наложить повязку.

6. Постоянно контролировать общее состояние пострадавшего и эффективность выполняемых мероприятий.

7. При тяжелом состоянии пострадавшего, угрозе жизни и после выведения его из терминального состояния вызвать врача или Скорую медицинскую помощь. Если это невозможно, принять все меры к эвакуации пострадавшего любым транспортом в ближайшее медицинское учреждение.

8. Оказывающий помощь должен знать основные правила и приемы оказания первой медицинской помощи применительно к особенностям конкретного несчастного случая, уметь пользоваться аптечкой первой медицинской помощи.

Для правильной организации первой помощи в организациях должны быть аптечки с необходимым набором медицинских средств и лекарств и плакаты с изображением приемов оказания первой медицинской помощи пострадавшим, вывешенные на видных местах в соответствии с инструкцией по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве.

Когда следует вызывать Скорую помощь

Скорую помощь необходимо вызывать в любой из следующих ситуаций:

- бессознательное состояние или изменяющийся уровень сознания;
- проблемы с дыханием (затрудненное дыхание или его отсутствие);
- сильное кровотечение;
- сильная боль в животе;
- рвота с кровью или кровянистые выделения (с мочой, мокротой);
- отравление;
- судороги, сильная боль или невнятная речь;
- травмы головы, шеи или спины, вероятность перелома костей;
- внезапно возникшие нарушения движения.

Как вызвать Скорую помощь

Чтобы вызвать бригаду Скорой медицинской помощи, необходимо сообщить:

- точный адрес произошедшего (с названием ближайших пересекающихся улиц, ориентиры, название здания) и как к нему подъехать;
- номер телефона, с которого производится вызов 103;
- фамилию, имя, возраст пострадавшего;
- сказать, что случилось, имеет ли место несчастный случай или внезапное заболевание;
- количество пострадавших;
- состояние пострадавшего (в сознании или нет, затрудненное дыхание, кровотечение);
- характер оказываемой помощи;
- не вешайте телефонную трубку до получения дополнительных указаний.

Травмы

В зависимости от вида травм пользуются определенным набором мер, направленных на спасение жизни и здоровья пострадавшего. Какое бы несчастие ни произошло – падение с высоты, поражение электрическим током или другое – **в любом случае оказание помощи следует начать с восстановления сердечной деятельности и дыхания, затем приступить к временной остановке кровотечения.** После этого можно приступить к наложению фиксирующих повязок и транспортных шин.

Именно такая схема действий поможет сохранить жизнь пострадавшего до прибытия медицинского персонала.

От вида воздействующего фактора травмы подразделяются на:

- **механические** (раны, ушибы, разрывы внутренних органов, переломы костей, вывихи);
- **физические** (ожоги, тепловой удар, обморожение, поражение электрическим током или молнией, лучевая болезнь и т. д.);
- **химические** (воздействие кислот, щелочей, отравляющих веществ);
- **биологические** (воздействие бактериальных токсинов);
- **психические** (испуг, шок и др.).

Первая помощь при сердечно-легочной реанимации

Прежде чем приступить к сердечно-легочной реанимации (СЛР), необходимо быстро уложить пострадавшего на пол, спиной на жесткую поверхность, освободить его от стесняющей дыхание одежды – расстегнуть одежду, также быстро освободить рот пострадавшего от инородных тел (слизь, кровь, вставная челюсть). При выполнении СЛР нельзя допускать охлаждения пострадавшего (не оставлять его на сырой земле, каменном, бетонном или металлическом полу).

Оказывающий помощь должен занять такое положение, при котором возможен более или менее значительный наклон над пострадавшим. Во время проведения СЛР необходимо внимательно наблюдать за лицом пострадавшего. Если пострадавший шевелит губами или веками и сделает глотательное движение гортанью (кадыком), СЛР следует немедленно прекратить.

Техника проведения СЛР для взрослого пострадавшего

(1 спасатель)

1. Необходимо правильное положение рук на груди пострадавшего:

- расположите основание ладони одной руки на груди между сосками пострадавшего;
- положите ладонь второй руки поверх первой руки;
- не касайтесь пальцами грудной клетки;
- в момент сдавливания грудины на глубину 4–5 см (взрослому человеку), происходит повышение кровяного давления в сосудах малого круга кровообращения (т. е. в сосудах легких, сердца, органов средостения). Это означает, что кровь начинает циркулировать по организму и попадает в жизненно важные органы, такие как мозг и т. д.

2. Сделайте 30 частых надавливаний на грудину:

- при проведении надавливаний плечи спасателя должны находиться над его ладонями;
- надавливания на грудину производятся на глубину 4–5 см.

3. Сделайте два полных вдувания «изо рта в рот»:

- откройте дыхательные пути путем запрокидывания головы и при поднятии подбородка;
- зажмите ноздри пострадавшего и плотно обхватите губами его рот;
- сделайте два полных вдувания, продолжительностью 1 секунду каждое;
- следите за поднятием грудной клетки, чтобы убедиться, что воздух проходит в легкие.

4. Повторяйте циклы надавливаний на грудину и вдуваний:

- проведите еще 5–6 циклов из 30 надавливаний и 2 вдуваний.

5. Повторно проверьте наличие дыхания в течение 10 сек.

Техника проведения СЛР для взрослого пострадавшего

(2 спасателя)

Когда СЛР проводят 2 спасателя – соотношение цикла 30 на 2, т. е. 1-й спасатель делает непрямой массаж сердца, а 2-й спасатель 2 полных вдувания; из 30 надавливаний на грудину и 2 вдувания за 2 минуты нужно сделать 5 циклов.

Для обеспечения организма достаточным количеством кислорода при отсутствии работы сердца следует одновременно с массажем сердца производить и искусственное дыхание способом вдувания воздуха в легкие пострадавшего.

Поскольку надавливание на грудную клетку затрудняет ее расширение при вдохе, вдувание следует производить в промежутках между надавливанием. Эффективность СЛР проявляется в первую очередь в том, что каждое надавливание на грудину приводит к появлению у пострадавшего пульсирующего колебания стенок артерий.

При правильном проведении СЛР у пострадавшего появляются следующие признаки оживления:

- улучшение цвета лица, приобретающего розовый оттенок вместо серо-землистого цвета с синеватым оттенком, который был у пострадавшего до оказания помощи;
- появление самостоятельных дыхательных движений, которые становятся все более равномерными по мере продолжения мероприятий по оказанию помощи (оживлению);
- сужение зрачков.

Степень сужения зрачков может служить наиболее верным показателем эффективности оказываемой помощи. Узкие зрачки у оживляемого указывают на достаточное снабжение мозга кислородом и, наоборот, начинающееся расширение зрачков свидетельствует об ухудшении снабжения мозга кровью и необходимости принятия более эффективных мер по оживлению пострадавшего.

Может помочь поднятие ног пострадавшего примерно на 0,5 м от пола и оставление их в поднятом положении в течение

всего времени проведения СЛР. Такое положение ног пострадавшего способствует лучшему притоку крови в сердце из вен нижней части тела. Для поддержания ног в поднятом положении под них следует что-либо подложить. СЛР следует проводить до появления самостоятельного дыхания и работы сердца.

Первая помощь при ударе электрическим током

1. При нахождении пострадавшего в распределительном устройстве сначала необходимо отключить электрооборудование.

2. При нахождении пострадавшего под ЛЭП или перед оказанием помощи пострадавшему на опоре необходимо надеть диэлектрические перчатки и боты или галоши не ближе, чем за 8 метров от касания провода земли.

3. Взять изолирующую штангу или изолирующие клещи. Если нет диэлектрических бот или галош, к пострадавшему можно приблизиться «гусиным шагом».

4. Замкнуть провода ВЛ 6–20 кВ накоротко методом наброса.

5. Сбросить провод с пострадавшего изолирующей штангой или любым токонепроводящим предметом.

6. Оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 8 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением.

7. В помещении, используя указанные электрозщитные средства, оттащить пострадавшего не менее, чем на 4 метра от источника тока.

Внимание!

Надо:

Передвигаться в зоне шагового напряжения следует в диэлектрических галошах либо «гусиным шагом» – пятка шагающей ноги, не отрываясь от земли, приставляется к носку другой ноги.

Нельзя:

1. Приближаться бегом или большими шагами к лежащему на земле проводу.

2. Приступать к оказанию помощи, не освободив пострадавшего от действия электрического тока.

Спасение пострадавшего от электрического тока в большинстве случаев зависит от быстроты освобождения его от тока, а также от быстроты и правильности оказания пострадавшему первой помощи. Промедление может повлечь за собой гибель пострадавшего.

Никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым из-за отсутствия дыхания, сердцебиения, пульса.

При поражении электрическим током смерть часто бывает кажущейся, вследствие чего решить вопрос о целесообразности или бесполезности дальнейших мероприятий по оживлению пострадавшего и вынести заключение о его смерти имеет право только врач.

Для отделения пострадавшего от токоведущих частей можно также взяться за его одежду (если она сухая и отстает от тела пострадавшего), например, за полы пиджака или пальто, избегая при этом прикосновения к окружающим металлическим предметам и частям тела, не прикрытым одеждой. Оттаскивая пострадавшего за ноги, не следует касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводниками электрического тока.

Для изоляции рук оказывающий помощь, особенно если необходимо коснуться тела пострадавшего, не прикрытого одеждой, должен надеть диэлектрические перчатки или обмотать себе руки шарфом, надеть на руки суконную фуражку, опустить на руку рукав пиджака или пальто, использовать прорезиненную материю (плащ) или просто сухую материю.

Можно также изолировать себя, встав на сухую доску или какую-либо другую не проводящую электрический ток подстилку, сверток одежды и т. п.

Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, но с сохранившимся устойчивым дыханием, его следует ровно и удобно уложить, распуścić и расстегнуть одежду, создать приток свежего воздуха, давать нюхать нашатырный спирт, обеспечить полный покой. Одновременно следует срочно вызвать

врача. Если пострадавший плохо дышит – очень редко и судорожно (как умирающий), ему следует сделать СЛР.

Меры безопасности при работах на сетях электроснабжения

Все работы по обследованию зданий и конструкций на сетях и сооружениях электроснабжения во избежание поражения электрическим током должны проводиться при условии их полного обесточивания и строгого соблюдения правил техники безопасности.

Контакт (прикосновение) с токоведущими частями, которые находятся под напряжением, или с голыми не обесточенными проводами и кабелями, может вызвать непроизвольное судорожное сокращение мышц, не позволяющее пострадавшему самостоятельно освободиться от проводника тока, что приводит к нарушению и даже полному прекращению работы органов дыхания и кровообращения.

Ток силой 100 мА, проходящий через человека, всегда опасен для жизни. Ток в 8–10 мА может вызвать паралич рук, а более 25–50 мА – паралич дыхания, и если не разомкнуть через несколько минут электрическую цепь, наступает смерть от удушья. Поэтому работающие в опасных местах должны быть обучены правилам освобождения пострадавшего от действия тока, чтобы самому спасателю не попасть под напряжение.

После освобождения пострадавшего от действия тока помощь ему должна быть оказана незамедлительно. При отсутствии дыхания и пульса необходимо сделать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. До начала работ на линиях электропередачи должно производиться надежное их отключение с двух сторон от места работы. Кроме того, для предупреждения поражения электрическим током при случайном включении линии или от удара молнии вблизи линии отключенные участки с обеих сторон заземляются.

Надежное заземление обеспечивается путем присоединения провода к зарытым в землю массивным металлическим предметам. При их отсутствии можно забить на глубину не менее 1 м отрезок металлической трубы или лом. После заземления свободный конец проволоки необходимо набросить с помощью шеста или длинной доски на провод линии электропередачи.

При работе на электротехнических устройствах так же, как и на линиях электропередачи, спасатели должны быть обучены правилам техники безопасности.

Электрические ожоги разделяются низковольтные (с напряжением до 1000 В) и высоковольтные (с напряжением более 1000 В). Путь тока через тело называют «петлей тока». Наиболее типичны следующие варианты:

- 1) одна рука;
- 2) рука – рука;
- 3) рука – голова;
- 4) рука – нога;
- 5) голова – нога;
- 6) голова – обе ноги;
- 7) одна нога;
- 8) нога – нога;
- 9) рука – обе ноги;
- 10) обе руки – обе ноги;
- 11) голова;
- 12) обе руки – нога.

Самый опасный вариант – полная петля «обе руки – обе ноги», ток проходит через сердце, что может вызывать нарушение его работы.

Первая помощь при поражении электрическим током

- прекратить воздействие на человека электрического тока;
- если тяжелых повреждений с потерей сознания нет, следует дать успокаивающие и обезболивающие средства (5–10 капель настойки валерианы или корвалола; 0,1 г анальгина), теплый чай;

- при тяжелых повреждениях необходимо постоянно контролировать сердцебиение пострадавшего; в случае остановки сердца срочно начинать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца не прерывая до прибытия кареты Скорой помощи; при этом согревайте пострадавшего одеялом, одеждой, грелками; иногда сердечную деятельность удается восстановить резким ударом – ладонью по груди;
- если сердечную деятельность удалось восстановить, наложить на пораженный участок сухую стерильную повязку;
- при небольшом ожоге используйте обычный бинт, при распространенном – чистые простыни или ткань.

Внимание!

Не следует наносить на место ожога лекарственных средств – ни жидкостей, ни мазей, ни порошков!!!

Всех пораженных электрическим током следует обязательно доставить в лечебное учреждение.

Первая помощь при ранениях

Во всякую рану могут быть занесены микробы, находящиеся на ранищем предмете, на коже пострадавшего, а также в пыли, в земле, на руках оказывающего помощь и на грязном перевязочном материале.

Во избежание заражения столбняком (тяжелое заболевание с большим процентом смертности) особое внимание следует уделять ранам, загрязненным землей. Срочное обращение к врачу для введения противостолбнячной сыворотки предупреждает это заболевание.

Во избежание засорения раны во время перевязки оказывающий первую помощь при ранениях должен чисто (с мылом) вымыть руки, а если это сделать почему-либо невозможно, следует смазать пальцы рук (**не рану !!!**) йодной настойкой.

Внимание!

Прикасаться к самой ране даже вымытыми руками не допускается!!!

При оказании первой помощи необходимо строго соблюдать следующие правила:

а) нельзя промывать рану водой или даже каким-либо лекарственным веществом (спиртом, спиртосодержащими веществами), засыпать порошками и покрывать мазями, так как это препятствует заживлению раны, способствует занесению в нее грязи с поверхности кожи, что вызывает последующее нагноение;

б) нельзя стирать с раны песок, землю и т. п., так как удалить таким способом все, что загрязняет рану, невозможно, но зато при этом можно глубже втереть грязь и легче вызвать заражение крови; очистить рану как следует может только врач;

в) нельзя удалять из раны сгустки крови, так как это может вызвать сильное кровотечение;

г) нельзя закрывать рану изоляционной лентой.

Для оказания первой помощи при ранении следует вскрыть имеющийся в аптечке (сумке) первой помощи индивидуальный пакет, наложить содержащийся в нем стерильный перевязочный материал на рану и перевязать ее бинтом. Если индивидуального пакета почему-либо не оказалось, то для перевязки следует использовать чистый носовой платок, чистую тряпочку или вещи самого пострадавшего (во избежание заражения чужой микрофлорой).

Первая помощь при кровотечениях

Первая помощь при наружном кровотечении:

1. Прижмите рану.
2. Приподнимите поврежденную конечность.
3. Положите пострадавшего на спину.
4. Наложите давящую повязку.

5. Примите противошоковые меры – приподнять нижние конечности на 0,5 м, подставив под ноги что-либо твердое.

При сильном артериальном кровотечении, если оно не останавливается повязкой, применять сдавливание кровеносных сосудов, питающих раненую область, при помощи сгибания конечности в суставах, а также пальцами или тканевой закруткой.

Во всех случаях большого кровотечения необходимо вызвать врача!!!

Носовое кровотечение

Кровотечение из носа может быть вызвано травмами слизистой оболочки в области носовой перегородки в ее передне-нижней части, некоторыми общими заболеваниями, такими как повышенное артериальное давление, болезни крови и др. При обильном кровотечении кровь не только вытекает наружу, но и затекает через носоглотку в полость рта, частично выплевывается и отхаркивается пострадавшим, а частично заглатывается. Попадание крови в ротовую полость при определенных обстоятельствах может создать угрозу дыхательным путям со всеми вытекающими отсюда последствиями. Обильное носовое кровотечение ведет к появлению симптомов острой кровопотери (бледность, головокружение, жажда, учащенный пульс, снижение артериального давления).

Первая помощь при кровотечении из носа

- Обмыть лицо холодной водой и успокоить пострадавшего.
- Усадить пострадавшего с наклоном головы вперед. В этом случае кровь не будет затекать в ротовую полость и создавать угрозу дыхательным путям.
- Попросить пострадавшего дышать через рот и зажать нос в области хрящевой пальцем, уперев локоть руки в колено.
- Приложить холод на сосуды головы и шеи, лоб и переносицу.
- Попросить пострадавшего не говорить, не глотать, не кашлять, не плевать, не шмыгать носом.

- Если кровотечение продолжается более 20 минут, доставить пострадавшего в больницу в вышеуказанной позе.
- Если кровотечение остановилось, оставить пострадавшего в наклоненной вперед позе и очистить лицо от крови.
- Посоветовать пострадавшему отдохнуть некоторое время, не сморкаться и не напрягаться физически, чтобы кровотечение не возобновилось вновь.

Первая помощь при ожогах

Ожоги делятся на четыре вида в зависимости от площади и глубины поражения тела человека огнем, горячей водой, паром, расплавленным металлом, электрическим током, химическим действием кислот и щелочей.

Первая степень ожога характеризуется покраснением, отеком, болезненными ощущениями.

Для *второй степени* характерно появление пузырей, наполненных жидкостью желтого цвета.

Третья степень характеризуется наступлением неполного омертвления кожи.

Четвертая степень – самая тяжелая, для нее характерны наличие коричневого или черного струпа различной толщины, омертвление кожи.

Первая помощь при ожогах I–II степени

1. Немедленно охладите место ожога холодной, но не ледяной водой, опустив поражённую поверхность в воду или поливая этот участок струёй воды. Никогда не используйте лёд. После охлаждения накройте поражённую область чистой влажной салфеткой, чтобы предотвратить попадание инфекции, воздуха и для облегчения боли.

2. Не прокалывайте волдыри, так как целостность кожи защищает от проникновения инфекции. Если волдыри лопнули, обработайте повреждённую поверхность, как в случае раны: промойте водой с мылом и наложите стерильную влажную повязку.

3. Как можно быстрее снимите с пострадавшего кольца, часы и другие предметы до появления отёка.

Первая помощь при ожогах III степени:

1. Вызовите Скорую помощь.
2. Следите за проходимостью дыхательных путей. Ожоги вокруг рта и носа могут указывать на повреждение дыхательных путей и лёгких.
3. Приложите к обожженной поверхности мокрое полотенце или какую-либо ткань, периодически поливайте её холодной водой, иначе она быстро нагреется или высохнет.
4. Примите противошоковые меры.

Внимание!

- При ожогах **НЕЛЬЗЯ** снимать с пострадавшего одежду. Рана от ожога, будучи загрязнена, начинает гноиться и долго не заживает. Поэтому нельзя касаться руками обожженного участка кожи или смазывать его какими-либо мазями, маслами, вазелином или растворами.
- Не следует вскрывать пузыри, удалять приставшую к обожженному месту мастику, канифоль или другие смолистые вещества, так как удаляя их, легко содрать кожу и тем самым создать благоприятные условия для заражения раны микробами с последующим нагноением. Нельзя также отдирать обгоревшие, приставшие к ране куски одежды, их следует обрезать острыми ножницами.
- При ожогах глаз электрической дугой следует делать холодные примочки из раствора борной кислоты и немедленно направить пострадавшего к врачу.
- При ожогах вызванных крепкими кислотами (серной, азотной, соляной), пораженное место должно быть немедленно тщательно промыто быстротекущей струей воды из-под крана или ведра в течение 10–15 минут. Можно также опустить обожженную конечность в бак или ведро с чистой водой и интенсивно двигать ею в воде.
- При попадании кислоты или ее паров в глаза и полость рта необходимо произвести промывание или полоскание пострадавших мест проточной водой, а при попадании кисло-

ты в дыхательные пути – дышать распыленным при помощи пульверизатора 5%-м раствором пищевой соды.

- В случае ожога едкими щелочами (каустической содой, негашеной известью) пораженное место следует тщательно промыть быстротекущей струей воды в течение 10–15 минут. После этого пораженное место нужно промыть слабым раствором уксусной кислоты (3–6 % по объему) или растворами борной или лимонной кислоты (одна чайная ложка на стакан воды). После промывания пораженные места следует покрыть марлей, пропитанной 5%-м раствором уксусной кислоты.
- При попадании едкой щелочи или ее паров в глаза и в полость рта промывание пораженных мест следует производить 2%-м раствором борной кислоты.
- При ранениях стеклом с одновременным воздействием кислоты или щелочи прежде всего необходимо убедиться в том, что в ране нет осколков стекла, а затем быстро промыть и перевязать рану, пользуясь стерильной ватой и бинтом.

Первая медицинская помощь человеку в горящей одежде должна быть оказана без промедления.

Нельзя тушить пламя руками, сбивать его каким-либо предметом. Пострадавшего надо облить водой, а при отсутствии воды положить его и накрыть одеялом, одеждой, плотной тканью, чтобы прекратить доступ кислорода к горящей одежде. На ожоговую поверхность накладывают стерильную повязку, пострадавшему придают удобное положение, при котором его меньше беспокоят боли.

При обширных ожогах средней, тяжелой и крайне тяжелой степени, если есть возможность, следует ввести пострадавшему противоболевое средство шприц-тюбиком, напоить его горячим чаем, тепло укрыть.

В домашних условиях пораженного с обширными ожогами туловища или конечностей нужно завернуть в проглаженную утюгом простыню. При этом необходимо проследить, чтобы

обожженные поверхности на сгибах суставов и в других местах не соприкасались. Пострадавший нуждается в бережной транспортировке.

При значительных ожогах пострадавшего после оказания первой помощи следует сразу же направить к врачу.

Профилактика ожогов заключается в противопожарной безопасности и соблюдении бытовых правил безопасности.

Первая помощь при переломах, вывихах, ушибах и растяжениях связок

При переломах и вывихах основной задачей первой помощи является обеспечение спокойного и наиболее удобного положения для поврежденной конечности, что достигается полной ее неподвижностью.

Самым главным моментом в оказании первой помощи как при открытом переломе (после остановки кровотечения), так и при закрытом, является иммобилизация поврежденной конечности. Это значительно уменьшает боль и предотвращает дальнейшее смещение костных обломков. Для иммобилизации используются готовые шины, а также палка, доска, линейка, кусок фанеры и т. п.

При закрытом переломе конечности не следует снимать с пострадавшего одежду – шины нужно накладывать поверх нее. К месту травмы для уменьшения боли необходимо прикладывать «холод» (резиновый пузырь со льдом, снегом, холодной водой, холодные примочки и т. п.).

Перелом черепа. При падении на голову или ударе по голове, вызвавшем бессознательное состояние, кровотечение из ушей или рта, имеется основание предполагать наличие перелома черепа. Первая помощь в этом случае должна заключаться в прикладывании к голове холодных предметов (резиновый пузырь со льдом или холодной водой, холодные примочки и т. п.). При переломе черепа, пострадавшего осторожно укладывают на носилки, под голову подкладывают мягкую подстилку (шинель, бушлат, вату и т. д.) с углублением. По бокам головы кладут мягкие валики.

Если раненого надо поднимать в вертикальном положении (из какого-либо сооружения), то ему предварительно накладывают на шею ватно-марлевый воротник (шею обертывают несколькими слоями серой ваты) и поверх нее при переломах шейных позвонков плотно, но не туго, накладывают повязку.

Перелом позвоночника. При падении, если есть подозрение, что сломан позвоночник (резкая боль в позвоночнике, невозможно согнуть спину и повернуться), первая помощь должна сводиться к следующему: осторожно, не поднимая пострадавшего, подсунуть под него доску или повернуть пострадавшего на живот лицом вниз и строго следить, чтобы при поворачивании или поднимании пострадавшего туловище его не перегибалось (во избежание повреждения спинного мозга).

При повреждении грудной или поясничной части позвоночника раненого следует осторожно уложить на жесткую поверхность (на санитарные носилки кладут доски, при отсутствии досок – фанерные или лестничные шины, длина которых должна соответствовать росту раненого) строго в горизонтальном положении. При отсутствии досок к спине и бокам плотно прибинтовывают четыре лестничные шины.

Перелом и вывих ключицы. *Признаки* – боль в области ключицы и явно выраженная припухлость.

Первая помощь:

а) положить в подмышечную впадину поврежденной стороны небольшой комок ваты, марли или какой-либо материал;

б) руку, согнутую в локте под прямым углом, прибинтовать к туловищу; бинтовать следует в направлении от больной руки к спине;

в) руку ниже локтя подвязать косынкой к шее;

г) в области повреждения приложить холодный предмет (резиновый пузырь со льдом или холодной водой и т. п.).

Перелом и вывих костей рук. *Признаки* – боль по ходу кости, неестественная форма конечности, подвижность в месте, где нет сустава (при наличии перелома), припухлость.

Первая помощь: наложить соответствующие шины. Если шин почему-либо не оказалось, то так же, как и при переломе

ключицы, руку следует подвесить на косынке к шее, а затем прибинтовать ее к туловищу, не подкладывая комка в подмышечную впадину. Если рука (при вывихе) отстает от туловища, между рукой и туловищем следует приложить что-либо мягкое (например, сверток из одежды, мешков и т. п.). К месту повреждения приложить холодный предмет. При отсутствии бинта или косынки можно подвесить руку на поле пиджака.

Перелом и вывих нижней конечности. *Признаки* – боль по ходу кости, припухлость, неестественная форма в месте, где нет сустава (при переломе).

Первая помощь: укрепить больную конечность шиной, фанерной пластиной, палкой, картоном или каким-либо другим подобным предметом так, чтобы один конец пластинки заходил выше края таза до подмышки, а другой достигал пятки. Внутренняя шина располагается от паха до пятки. Этим достигается полный покой всей нижней конечности. По возможности шину следует накладывать, не поднимая ноги, а придерживая ее на месте, и проталкивать повязку под поясицей, коленом или пяткой. К месту повреждения следует приложить холодный предмет.

Перелом ребер. *Признаки* – боль при дыхании, кашле и движении.

Первая помощь: туго забинтовать грудь или стянуть ее полотенцем во время выдоха.

Ушибы. При уверенности, что пострадавший получил только ушиб, а не перелом или вывих, к месту ушиба следует приложить холодный предмет (снег, лед, ткань, смоченную холодной водой) и плотно забинтовать ушибленное место. При отсутствии ранения кожи смазать ее йодом, растереть и накладывать согревающий компресс не следует, так как все это ведет лишь к усилению боли.

При ушибах живота, наличии обморочного состояния, резкой бледности лица и сильных болях следует немедленно вызвать скорую помощь для направления пострадавшего в больницу.

Закрытые повреждения легких. При разрыве легких происходит кровотечение и в полости плевры скапливаются кровь (гемоторакс) и воздух (пневмоторакс). При этом нарушается ды-

хание и кровообращение. Состояние пострадавшего обычно тяжелое. Часто развивается шок. Дыхание учащенное, поверхностное и болезненное, лицо бледное, пульс частый. Мучительный кашель, кровохаркание.

Первая помощь заключается в создании пострадавшему покоя. Эвакуировать его нужно в полусидячем положении на носилках. Перед эвакуацией ввести под кожу промедол, камфару или кордиамин.

Закрытые повреждения органов живота. При трещинах и разрывах печени, селезенки, желудка, кишечника из-за резких болей и кровоизлияния в брюшную полость обычно развивается шок. Больной бледен. Нередко бывают тошнота и рвота (иногда с кровью). Характерным признаком является сокращение брюшных мышц, вследствие чего живот становится твердым, как доска. Таких пострадавших нужно немедленно эвакуировать в положении лежа, так как они нуждаются в срочной операции.

Пострадавшим, у которых подозревается повреждение органов живота, ни в коем случае нельзя давать ни пить, ни есть, так как это может сильно ухудшить их состояние. При жажде, сухости во рту нужно прополаскивать рот чистой водой. Во время эвакуации необходимо следить за тем, чтобы у лиц, находящихся в бессознательном состоянии, не произошло ухудшения вследствие западения языка или попадания в дыхательные пути рвотных масс.

Контузии. По тяжести течения различают три степени контузии.

- Контузия первой степени (легкая) выражается в дрожании конечностей, головы, век, языка, в заикании, шаткой походке, понижении слуха (наиболее частый признак), в разной величине зрачков (в норме оба зрачка одинаковые).
- Контузия второй степени (средняя) характеризуется неполным параличом конечностей, отсутствием реакции зрачков на свет, частичной или полной глухотой, нарушением речи.
- Контузия третьей степени (тяжелая) сопровождается полной потерей сознания, нарушением ритма дыхания (вдох

и выдох затруднены), кровотечениями из носа и ушей, выделением пенистой крови изо рта, непроизвольным мочеиспусканием и дефекацией (испражнение), судорогами.

Даже при контузии первой степени все пострадавшие являются носилочными больными, т. е. нуждаются в покое, так как при контузии возможен ушиб мозга, а следовательно, и внутричерепное кровотечение.

При контузиях второй степени рот, нос и уши необходимо очистить от слизи, сгустков крови и пыли. Для всех этих процедур пользуются стерильным перевязочным материалом (марлей или ватой).

Кровотечение из ушей свидетельствует о повреждении барабанных перепонок, что открывает путь для инфицирования мозга, поэтому в таких случаях рекомендуется наложить стерильную повязку на уши.

У пострадавших с контузиями второй и третьей степени страдают легкие (появляется кислородное голодание), могут быть тяжелые повреждения внутренних органов (разрывы), поэтому транспортировка таких больных (на носилках) должна производиться в первую очередь и исключительно бережно.

Растяжение связок. При растяжении связок, например, при подвертывании стопы, признаком чего являются резкая боль в суставе и припухлость, первая помощь заключается в прикладывании холодного предмета, тугом бинтовании и покое.

При попадании инородного тела под кожу или под ноготь удалить его можно лишь в том случае, если имеется уверенность, что это будет сделано легко и полностью. При малейшем затруднении следует обратиться к врачу. После удаления инородного тела необходимо смазать место ранения йодной настойкой и наложить повязку.

Инородные тела, попавшие в глаз, лучше всего удалять промыванием струей раствора борной кислоты или чистой водой. Промывание можно производить из чайника, с ватки или марли, положив пострадавшего на здоровую сторону и направляя струю от наружного угла глаза (от виска) к внутреннему (к носу). За-

крыть оба глаза с целью избегания синергических движений глаз. Тереть глаз не следует.

Важно помнить!!! Инородные тела в дыхательном горле или пищеводе без врача удалять не следует.

Отравления сильнодействующими ядами

Симптомы поражения ядами зависят от преимущественного воздействия их на определенные органы и системы организма. При воздействии на нервную систему могут возникнуть судороги, сонливость, затруднение движений, расстройство сознания, нарушения пульса и дыхания.

При воздействии на пищеварительную систему появляются резкие боли в животе, тошнота, рвота, понос.

На сердце – чувство «замирания», нарушение его ритма, изменение артериального давления.

При отравлении сильнодействующими ядами необходимо срочно вызвать рвоту. Предварительно дать пострадавшему выпить 1–2 стакана теплой воды. Повторить эту процедуру 5–6 раз, после чего применить адсорбирующие вещества, т. е. дать пострадавшему 3–4 таблетки активированного угля. Затем рекомендуется слабительное.

При возбуждении пострадавшего положить на голову холодный компресс и постараться удержать его в постели. При необходимости провести искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. Массаж необходимо продолжать до полного восстановления сердечной деятельности, появления отчетливых сердцебиений. Отправить пострадавшего в лечебное учреждение.

Газообразные или вдыхаемые токсические вещества попадают в организм при вдохе. К ним относятся газы и пары, например, угарный газ, закись азота («веселящий газ») и вещества, применяемые на производстве, такие как хлор, различные виды клея, красителей и растворителей-очистителей.

Первая помощь при отравлении газообразными токсинами

- убедитесь, что место происшествия не представляет опасности;
- изолируйте пострадавшего от воздействия газов или паров.

В данном случае нужно вынести пострадавшего на свежий воздух и вызвать Скорую помощь. Следите за дыхательными путями, дыханием и пульсом и при необходимости окажите первую помощь. Помогите пострадавшему принять удобное положение до прибытия Скорой помощи. Когда существует опасность соприкосновения с отравляющим веществом, надевайте спецодежду независимо от того, на работе вы или дома.

Для профилактики отравлений соблюдайте все предупреждения, указанные на наклейках, ярлыках и плакатах с инструкциями по технике безопасности, следуйте необходимым мерам предосторожности.

Первая помощь при синдроме длительного сдавливания

Опыт работы спасателей и медицинского персонала в зонах стихийных бедствий и катастроф показывает, что стремление извлечь пострадавшего из-под обломков как можно быстрее не всегда приводит к спасению. Можно представить степень недоумения и отчаяния спасателей, когда человек с придавленными более суток ногами умирал сразу же после освобождения. Многие века трагический абсурд этого явления оставался загадкой. Только в конце прошлого столетия и во время Первой и Второй мировых войн медики пришли к выводу, что в придавленных конечностях при пережатии сосудов интенсивно накапливаются недоокисленные продукты обмена, распада и разрушения тканей, крайне токсичные для организма. Сразу же после освобождения и восстановления кровообращения в организм поступало колоссальное количество токсинов.

Чем дольше сдавливание, тем сильнее токсический удар и тем скорее наступает смерть. Тяжесть состояния пострадавшего усугубляется еще и тем, что в поврежденную конечность устрем-

ляется огромное количество жидкости. При освобождении ноги в нее нагнетается до 2–3 литров плазмы. Конечность резко увеличивается в объеме, теряются контуры мышц, отек приобретает такую степень плотности, что нога становится похожа на деревянную и по твердости, и по звуку, издаваемому при легком постукивании. Очень часто пульс у лодыжек не прощупывается. Малейшие движения причиняют мучительные боли даже без признаков переломов костей.

Необходимо заподозрить синдром сдавливания:

- при сдавливании конечности более 15 минут;
- при появлении отека и исчезновении рельефа мышц ног;
- если не прощупывается пульс у лодыжек.

Переноска и перевозка пострадавшего

Основная цель переноски и эвакуации (транспортировки) пострадавшего либо пораженного – быстрая его доставка к местам оказания медицинской помощи и лечения. Первая помощь пострадавшему обычно оказывается, не меняя положения его тела, так как при перемещении можно нанести ему дополнительные травмы. Однако когда пострадавшему угрожает опасность, его следует сначала перенести в безопасное место и только затем приступить к оказанию первой помощи.

Никогда не передвигайте пострадавшего, кроме тех случаев, когда место происшествия представляет для него непосредственную угрозу.

При поднимании, переноске и перевозке пострадавшего необходимо не причинять ему беспокойства и боли, не допускать сотрясения, не придавать ему неудобного или опасного положения. При малейшей возможности нужно найти помощников и перенести пострадавшего на носилках, сделанных из подходящего материала. Поднимать пострадавшего и укладывать его на носилки следует согласованно, лучше всего по счету (по команде). При этом поднимающие должны стоять на одном и том же колене и подсовывать руки под спину и под ягодицы настолько,

чтобы пальцы из-под пострадавшего показались с другого бока. При малейшей возможности следует не переносить пострадавшего к носилкам, а, не вставая с колен, приподнять его с земли или пола с тем, чтобы кто-нибудь другой поставил в это время носилки под пострадавшего.

По ровному месту пострадавшего следует нести ногами вперед, при подъеме на гору или по лестнице, наоборот, головой вперед.

Носилки следует нести в горизонтальном положении. Снятие пострадавшего с носилок следует производить так же, как и при поднимании его для укладки на носилки.

При перевозке тяжело пострадавшего лучше, если это возможно, положить его (не перекладывая) в повозку или в машину на тех же носилках, подстелив под носилки что-либо мягкое (солому, сено и т. п.).

Транспортировка только на животе

1. В состоянии комы.
2. При частой рвоте.
3. В случаях ожогов спины и ягодиц.
4. При подозрении на повреждение спинного мозга, когда в наличии есть только брезентовые носилки.

Транспортировка только на спине (с приподнятыми или согнутыми в коленях ногами).

1. При проникающих ранениях брюшной полости.
2. При большой кровопотере или подозрении на внутреннее кровотечение.
3. При переломах нижних конечностей.

Транспортировка в позе «лягушки» (с подложенным под колени валиком или на вакуумном матрасе).

1. При подозрении на перелом костей таза.
2. При подозрении на перелом верхней трети бедренной кости, костей тазобедренного сустава.
3. При подозрении на повреждение позвоночника, спинного мозга.

При травмах позвоночника, таза – переносить только на твердых носилках, на щите, двери или на вакуумных матрасах.

Транспортировка только сидя или полусидя.

1. При проникающих ранениях грудной клетки.
2. При ранениях шеи.
3. При затрудненном дыхании после утопления.
4. При переломах рук.

Первая помощь при обморожении

Различают 3 степени обморожения:

- первая степень – побеление кожных покровов и потеря их чувствительности;
- вторая – припухлость, покраснение и появление пузырей после отогревания;
- третья степень – омертвление тканей, приобретающих бурно-черный цвет и последующее их затвердевание.

При первой степени обмороженный участок тела нужно наложить теплую повязку. Обмороженные конечности можно отогреть в воде комнатной температуры, которую постепенно подогревают до +37–40 °С.

При второй и третьей степенях обморожения накладывается сухая повязка.

Первая помощь при солнечном и тепловом ударах

Солнечный удар вызывает сильную головную боль, головокружение, покраснение лица, тошноту, иногда рвоту.

Тепловой удар вызывает покраснение лица, головокружение, обморок.

Меры первой помощи: пострадавшего надо освободить от стесняющей одежды, уложить в прохладном месте, приподнять голову и верхнюю часть туловища, положить холодный компресс на голову и область сердца, либо впрыснуть холодной водой.

При остановке дыхания следует делать искусственное дыхание.

Первая помощь при отравлении нефтяными парами и газами

Пострадавшего надлежит вывести (или вынести) на свежий воздух и освободить от стесняющей одежды (расстегнуть ворот, пояс). В холодное время года пострадавшего не выносят на свежий воздух, а перевозят в теплое вентилирующее помещение.

При потере сознания, остановке дыхания необходимо сделать искусственное дыхание либо сердечно-легочную реанимацию.

Когда пострадавший придет в себя напоить его крепким чаем или кофе и немедленно вызвать Скорую помощь или направить пострадавшего в лечебное учреждение с сопровождающим.

При случайном проглатывании нефтепродуктов нужно немедленно вызвать рвоту, давая пострадавшему обильное количество воды, и срочно доставить его в лечебное учреждение.

При попадании бензина в глаза чистым бинтом или ватой (по возможности стерильным) промыть глаза чистой теплой водой.

Первая помощь при отравлении окисью углерода

Пострадавшего необходимо немедленно вынести на свежий воздух. При бессознательном состоянии применяется искусственное дыхание или сердечно-легочная реанимация.

Аптечка первой помощи

Для оказания первой помощи нужно иметь аптечки с необходимым набором медикаментов и средств оказания первой помощи. Аптечка первой помощи должна иметься в наличии в каждом структурном подразделении и находиться в доступном для каждого работника месте. Комплект изделий медицинского назначения и лекарственных средств должен постоянно обновляться и дополняться по мере их использования и сроков годности.

Аптечка первой помощи должна включать следующий набор медикаментов и средств:

- средства для остановки кровотечения (кровоостанавливающий жгут);
- средства для обработки ран и наложения повязок (специальная пленка для ожоговой поверхности; бинты; лейкопластыри; стерильные салфетки);

- средства для дезинфекции рук специалистов, спасателей и медицинского персонала, а также медицинского оборудования;
- перчатки резиновые стерильные;
- средства для оказания помощи при переломах и сильных ушибах (пузырь (грелка) для льда или обогрева; гипотермический пакет (при ушибах, ожогах, внутренних кровотечениях, аллергической реакции); складная шина для фиксации конечностей (стопа, кисти, ключицы, колено, предплечья);
- лекарственные препараты (валидол, нитроглицерин, санорин, галазолин, спирт медицинский, анальгин/баралгин, антигистаминные препараты, сода питьевая).

Состав автомобильной аптечки первой помощи также рассчитан на оказание первой доврачебной помощи при тяжелых травмах, которые могут угрожать жизни человека и оказания помощи при травмах.

В таблице 6 приведена инструкция по применению лекарственных средств из аптечки первой помощи.

Таблица 6 – Инструкция по применению лекарственных средств из аптечки первой помощи

№ п/п	Вид медикаментов	Порядок применения медикаментов
<i>Средства при болях в области сердца</i>		
1	Валидол таблетки 0,06, № 10	При болях в области сердца одна таблетка сублингвально (под язык) до полного рассасывания
2	Нитроглицерин таблетки 0,0005, № 10 / изоспрей	При острых болях в области сердца 1 таблетка сублингвально (под язык) до полного рассасывания / спрей под язык
<i>Средства при обмороке (коллансе)</i>		
3	Раствор аммиака 10%-й – 10 мл	При обморочных состояниях поднести небольшой кусочек ваты или марли, смоченный раствором аммиака, к носовым отверстиям (на 0,5–1 сек)

Противовоспалительные, обезболивающие средства		
4	Ацетилсалициловая кислота таблетки 0,25, № 10 / парацетамол 0,5 мг	При повышенной температуре по 1–2 таблетке
5	Анальгин / баралгин таблетки 0,5, № 10	Для снятия боли по 1–2 таблетке
6	Клемастин / лоратадин, таблетки 1 мг	При признаках аллергической реакции (зуд, покраснение, отек кожных покровов и слизистых оболочек) принимать по 1 таблетке
Средства при отравлениях		
7	Уголь активированный 0,25, № 10, таблетки	При признаках отравлений (тошнота, боли в желудочно-кишечном тракте) принимают 1 таблетку из расчета на 1 кг веса, запивая обильно водой
8	Каля перманганат, 3 г	Наружно в качестве антисептического средства – водный раствор для промывания ран, раневых поверхностей (раствор слабо-розового цвета)
9	Лоперамид	При поносе по 1 табл. / капс. 2–3 раза в день
Средства, применяемые при травмах (ушибы, переломы, вывихи, ожоги), ранениях		
10	Мазь «Фастум гель»	Наружно как обезболивающее средство для обработки мелких повреждений кожи (ссадин, ран, открытой раны)
11	Раствор бриллиантового зеленого спиртовой 1%-й – 10 мл	Наружно как антисептическое средство для обработки мелких повреждений кожи (ссадины, раны, вокруг открытой раны)
12	Спрей лидокаина	Для местной анестезии
13	Раствор пероксида (перекиси) водорода 3%-й – 25 мл	Наружно как дезинфицирующее средство для промывания ран и ссадин, в качестве кровоостанавливающего средства
14	Бинт марлевый стерильный 5 × 10	Перевязочное средство, накладываемое на поверхность участков тела, при открытых ранах
15	Салфетки марлевые стерильные 45 × 29	Для наложения на открытые раны временной остановки поверхностного кровотечения

Окончание таблицы 6

16	Бинт марлевый нестерильный 5 × 10	Перевязочное средство, накладываемое на поверхность участков тела, при отсутствии открытых ран или поверх стерильного бинта для его фиксации с целью иммобилизации
17	Вата медицинская, гигроскопическая нестерильная, 50 г	Для обработки раневой поверхности растворами бриллиантового зеленого спиртового или раствором йода спиртового и для смачивания раствором аммиака
18	Лейкопластырь бактерицидный 2,5 × 7,2 3,8 × 3,8	Для защиты и обеззараживания небольших повреждений кожи (ссадин, порезов, царапин). <i>Способ применения:</i> снять защитную пленку, на рану наложить марлевый тампон и приклеить лейкопластырь
19	Бинт эластичный трубчатый № 1, № 2, № 3	<i>Для фиксации повязок:</i> № 1 – на пальцах, кисти взрослых, а также на кисти, стопе детей; № 2 – на кисти, предплечье, стопе, локтевом, лучезапястном, голеностопном суставах, а также на плече, голени, коленном суставе детей; № 3 – на предплечье, плече, голени, коленном суставе взрослых, на бедре, голове детей
20	Спирт этиловый 70%-й, 30 мл	Как антисептическое и дезинфицирующее средство
Вспомогательные средства		
21	Ножницы	–
22	Перчатки	–
23	Маска	–
24	Журнал учета травм	Учет травм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общепринятые критерии технического уровня водного хозяйства населенных пунктов и промышленных предприятий (степень использования оборотной воды, коэффициент использования свежей воды, проценты безвозвратного потребления и потери воды) показывают только эффективность использования воды и являются недостаточными для оценки их экологического уровня, степени влияния на окружающую природную среду.

Они должны быть дополнены показателями, отражающими степень утилизации и локализации загрязнений, находящихся в сточных водах в виде осадков сточных вод.

Количество осадков постоянно растет, и сегодня они являются основным загрязнителем окружающей природной среды. Отсюда следует высокая значимость разработки технологий по их переработке.

К сожалению, в отличие от проблем, связанных с ухудшением качества питьевой воды и загрязнением атмосферного воздуха, проблеме переработки осадков сточных вод не уделяется должного внимания.

При выборе методов и оборудования для переработки осадков сточных вод существенную роль играют их состав, количество, цена и экологическая безопасность.

Анализ соответствующих процессов позволяет сформулировать основные требования их разработки: технологический процесс должен потреблять минимальное количество реагентов и энергозатрат, а продукт переработки должен обладать потребительской ценностью и экологической безопасностью.

В настоящем учебном методическом пособии представлены состав и свойства осадков сточных вод, приведена их классификация, даны рекомендации по выбору методов обработки осадков сточных вод.

Изложенный материал будет способствовать формированию у студентов практических навыков по разработке и проектированию технологий по переработке осадков сточных вод. Учебное методическое пособие позволяет самостоятельно найти решение

актуальной проблемы связанной с необходимостью обработки осадков сточных вод, что важно при обучении студентов по специальности «Водоснабжение и водоотведение».

Кроме того, представленные рекомендации по технике безопасности и оказанию первой доврачебной помощи позволят максимально снизить возможные риски потери человеческих и материальных ресурсов.

Учебное методическое пособие разработано для выполнения курсовых, дипломных и выпускных квалификационных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Медведев Г.П.* Подготовка к обезвоживанию и центрифугированию осадков сточных вод: тексты лекций / Г.П. Медведев. – Л.: ЛИСИ, 1983. – 58 с.
2. *Смирной Г.Н.* Методические указания по выполнению курсового проектирования «Сооружения для обработки осадков сточных вод» для студентов специальности 1209 / Г.Н. Смирной, Л.Н. Ярошенко, Е.Б. Клейн. – Харьков: ХИСИ, 1988. – 256 с.
3. *Ласков Ю.М.* Примеры расчетов канализационных сооружений / Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1987. – 255 с.
4. *Туровский И.С.* Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с. (Охрана окружающей природной среды).
5. *Яковлев С.В.* Канализация: учебник / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1976. – 632 с.
6. *Евилевич А.З.* Утилизация осадков сточных вод / А.З. Евилевич. – М.: Стройиздат, 1979. – 175 с.
7. *Евилевич А.З.* Утилизация осадков сточных вод / А.З. Евилевич, М.А. Евилевич. – Л.: Стройиздат, 1988. – 248 с.
8. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
9. *Шифрин С.М.* Обработка осадков сточных вод / С.М. Шифрин, Г.П. Медведев, Б.Г. Мишуков и др. – Л.: ЛИСИ, 1979. – 80 с.
10. Рекомендации по выбору технологических схем обработки осадков сточных вод биохимической очистки. – М.: ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР, 1981. – 24 с.
11. *Калицун В.И.* Производственное испытание и расчет радиальных уплотнителей сброженных осадков / В.И. Калицун, С.Т. Иманбеков, В.Н. Николаев // Водоснабжение и сантехника – 1989. – № 8. – С. 7–8.
12. *Рубчак И.Ю.* Сооружения для обработки осадков сточных вод / И.Ю. Рубчак, М.Н. Сирота. – М.: Стройиздат, 1978. – 170 с.

13. *Лихачёв Н.И.* Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н.И. Лихачёв, И.И. Ларин и др.; под общ. ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с., ил. (Справочник проектировщика).
14. *Москвитин А.С.* Оборудование водопроводно-канализационных сооружений: справочник монтажника / А.С. Москвитин, Б.А. Москвитин, Г.М. Мирончик и др.; под ред. А.С. Москвитина. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с.
15. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.
16. Рекомендации по расчету сравнительной экономической эффективности НИР в области очистки сточных вод и обработки осадков. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1987. – 342 с.
17. *Яковлев С.В.* Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, В.И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.: ил.
18. *Калицун В.И.* Методические указания по расчету сооружений обработки осадков сточных вод / В.И. Калицун, С.Т. Иманбеков, Н.С. Джанабаев и др. – Бишкек: Бишкекский политехн. ин-т, 1992. – 40 с.
19. *Евдокимов Н.М.* Оказание первой доврачебной медицинской помощи / Н.М. Евдокимов. – М.: Медицина, 2001. – 300 с.
20. *Иманбеков С.Т.* Диагностика, инженерное обследование и определение износа наружных инженерных сетей и сооружений: учебник для вузов / С.Т. Иманбеков, Э.Б. Ибраимова, Г.В. Косивцов, Б.С. Ордобаев. – Бишкек: Айат, 2014. – 96 с.
21. *Бубнов В.Г.* Межотраслевая инструкция по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве / В.Г. Бубнов, Н.В. Бубнова. – М.: ЭНАС, 2009. – 84 с.
22. *Корнеев А.* Первая медицинская помощь / А. Корнеев. – М.: Изд-во БАО, 2013. – 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Количество отбросов, задерживаемых решетками из городских сточных вод

Ширина прозоров решеток (мм)	Количество отбросов, снимаемых с решеток из расчета на 1 человека (л/год)
16–20	8,0
25–35	3,0
40–50	2,3
60–80	1,6
90–125	1,2

Примечание. $K_{\text{ЧАС}} = 2$; $q_{\text{СР}} = 750 \text{ кг/м}^3$.

Приложение 2

Технологические параметры и показатели для расчета илоуплотнителей

Характеристика избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила $P_{\text{муд}}$, %	Продолжительность уплотнения $t_{\text{муд}}$, час	Скорость движения жидкости в отстойной зоне ВИУ v_w , мм/с
Иловая смесь из аэротенков с концентрацией 1,5–3,0 г/л	– / 97,3	– / 5–8	–
Активный ил из вторичных отстойников с концентрацией 4,0 г/л	98,0 / 97,3	10–12 / 9–11	$\leq 0,1$
Активный ил из зоны отстаивания вторичных отстойников с концентрацией 4,5–6,5 г/л	98,0 / 97,0	16 / 12–15	$\leq 0,2$
Иловая смесь из аэротенков, работающих на неполную биологическую очистку с концентрацией 1,5–2,5 г/л	95,0 / 95,0	3,0 / 3,0	$\leq 0,2$

Примечание. «– / 97,3» или «98,0 / 97,3» – для вертикального ИУ / для радиального ИУ.

Приложение 3

Суточная доза D_{mud} при влажности загружаемого осадка вод

Режим сбраживания	Суточная доза D_{mud} в % при влажности загружаемого осадка P_{mud} в % не более				
	93	94	95	96	97
Мезофильный (+30–35 °С)	7	8	8	9	10
Термофильный (+50–55 °С)	14	16	17	18	19

Приложение 4

Коэффициент K_r при влажности загружаемого осадка

Режим сбраживания	Коэффициент K_r при влажности загружаемого осадка P_{mud} в % не более:				
	93	94	95	96	97
Мезофильный (+30–35 °С)	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофильный (+50–55 °С)	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Приложение 5

Распределение воздуха по длине стабилизатора

№ коридора	Доля от общего расхода воздуха, %	Удельный расход воздуха, m^3 / m^3	Продолжительность аэрации, час	Интенсивность аэрации I_a , $m^3 / (m^2 \cdot \text{час})$
1	50,0	166,3	34,8	14,34
2	27,0	89,8	34,8	7,74
3	15,0	49,9	34,8	4,3 / 5*
4	8,0	26,6	34,8	2,29 / 5*

Примечания:

1. Под чертой (*) указана интенсивность аэрации, принятая для расчета суммарного расхода воздуха на стабилизацию.
2. Для активного ила $I_a = 5 m^3 / (m^2 \cdot \text{час})$, а для сырого осадка $I_a = 6 m^3 / (m^2 \cdot \text{час})$.

Приложение 6

Строительные параметры секций сооружений

Пропускная способность по сточным водам, (м ³ / сут)	Количество секций, (шт.)	Габариты секций		Площадь сооружения, (м ²)	Строительный объем, (м ³)
		ширина (м)	длина (м)		
35 000,0	2	9	30	540	3 100,0
70 000,0	2	9	60	1080	6 100,0

Приложение 7

Характеристика вакуум-фильтров

Показатели	Ед. изм.	Марка вакуум-фильтра			
		БОУ5-1,75	БОУ10-2,6 (БсхОУ10-2,6)	БОУ20-2,6	БОУ40-3,4 (БсхОУ40-3,4)
Площадь поверхности фильтрования	м ²	5	10	20	40
Диаметр барабана	мм	1762	2612 (2600)	2612	3000 (3400)
Длина барабана	м	960	1350 (1300)	2702	4400 (3800)
Частота вращения барабана	об/мин	0,13-2	0,13-2 (0,13-1,5)	0,13-2	0,436-1,178 (0,1-1,45)
Объем жидкости в корыте	л	1300	2700 (2700)	4200	3000 (7000)
Мощность электродвигателя барабана	кВт	1,1	2,2 (1,7)	3 (3)	3,4-4,1 (8)
Габаритные размеры вакуум-фильтра	мм	2680 ×2410 ×2650	3420 ×3320×3415 (3165 ×4100 ×3052)	4750 ×3230 ×3830	6600×4300 ×3640 (6300×5115 ×3725)
Масса вакуум-фильтра с приводом	кг	4990	7858 (7600)	14432	17880 (17420)

Приложение 8

Характеристика фильтр-прессов рамного и камерного типов

Марка, тип	Поверхность фильтрации, м ²	Количество рам, шт.	Объем рамного пространства, м ³
Ф 2.2.8.01.0002.00.1-001	2,0	10	0,045
Ф 2.2.8.01.0002.80.1-004	2,8	14	0,035
Ф 2.2.8.01.0004.00.1-002	4,0	20	0,090
Ф 2.2.8.01.0005.60.1-004	5,6	28	0,070
Ф 2.2.8.01.0016.00.1-101	16,0	20	0,40
Ф 2.2.8.01.0022.40.1-103	22,4	28	0,278
Ф 2.2.8.01.0025.00.1-101	25,0	32	0,50
Ф 2.2.8.01.0035.50.1-103	35,5	45	0,397
Ф 2.2.8.01.0040.00.1-101	40,0	30	0,910
Ф 2.2.8.01.0050.00.1-101	50,0	38	1,15
Ф 2.2.8.01.0056.00.1-103	56,0	42	0,706
Ф 2.2.8.01.0063.00.1-101	63,0	46	1,40
Ф 2.2.8.01.0080.00.1-104	80,0	60	1,00
Ф 2.2.8.01.0100.00.1-101	100,0	50	2,25
Ф 2.2.8.01.0112.00.1-103	112,0	56	1,40
Ф 2.2.8.01.0140.00.1-103	140,0	68	1,70
Ф КИМ 52-800/33У	52,0	–	0,90
Ф КИМ 87-1000/35У	87,0	–	1,55
И Ф ПАКМ-2,5К.1.0	2,5	–	–
И Ф ПАКМ-5К.1.0	5,0	–	–
И Ф ПАКМ-12,5К.1.0	12,5	–	–
И Ф ПАКМ-25К.1.0	25,0	–	–
И Ф ПАКМ-50К.1.0	50,0	–	–

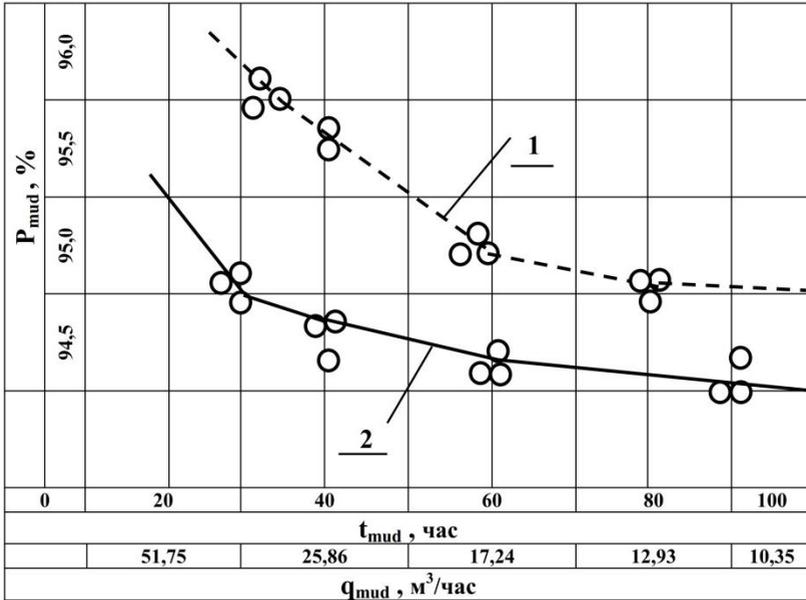
Приложение 9

Технические характеристики центрифуг

Показатели	Единица измерения	Марка центрифуги				
		ОГШ-352-К-03	ОГШ-502-К-04	ОГШ-631-К-02	ОГШ-1001-К-01	ОГШ-501-К-10
Расчетная производительность по исходному осадку	м ³ /час	4–7	6–12	20–40	50–80	15–25
		–	–	12–20	35–50	8–15
Наибольший рабочий диаметр ротора	мм	350	500	630	1000	500
Рабочая длина ротора	мм	1000	930	2370	3600	1800
Частота вращения ротора	мин ⁻¹	2800–2650	2000–2650	2000	1000	2650
Фактор разделения	–	1500–3533	1100–1950	1420	560	1960
Габаритные размеры центрифуги с электродвигателем:						
длина	мм	2000	2710	5100	6650	4000
ширина	мм	1860	1990	2750	3600	2650
высота	мм	1135	1526	1450	2130	1350
Масса без вспомогательного оборудования	тонн	1,6	1,8	11,7	19	4,5
Мощность электродвигателя	кВт	18,5	28–32	90	110	75
Примечания. 1. Большие значения производительности центрифуг относятся для активного ила или анаэробно-стабилизированной смеси сырого осадка и ила. 2. В знаменателе указана производительность центрифуг при обработке осадка реагентами.						

Приложение 10

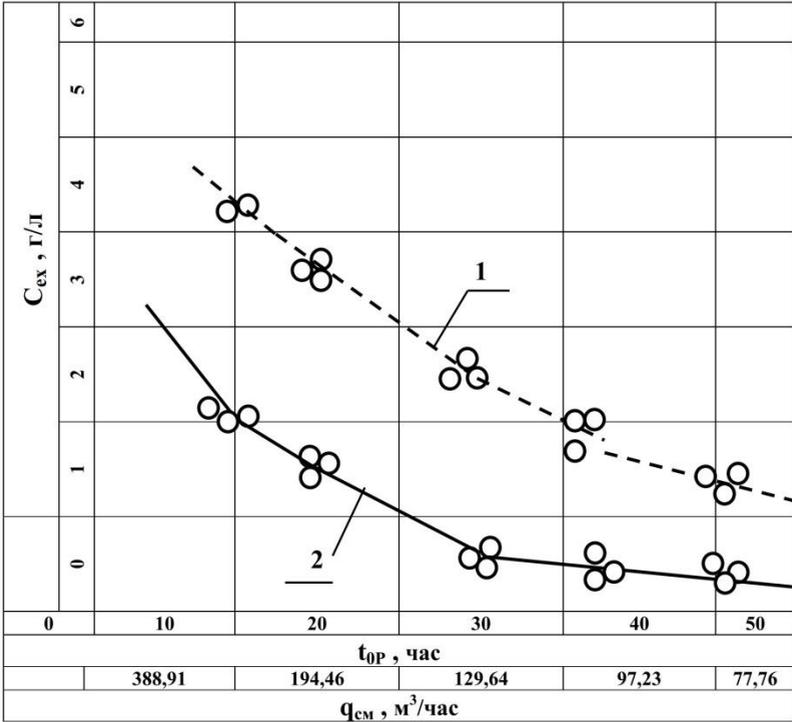
**Зависимость влажности уплотненного осадка P_{mud}
от продолжительности уплотнения t_{mud}**



где 1 – Теоретическая кривая. 2 – Экспериментальная кривая

Приложение 11

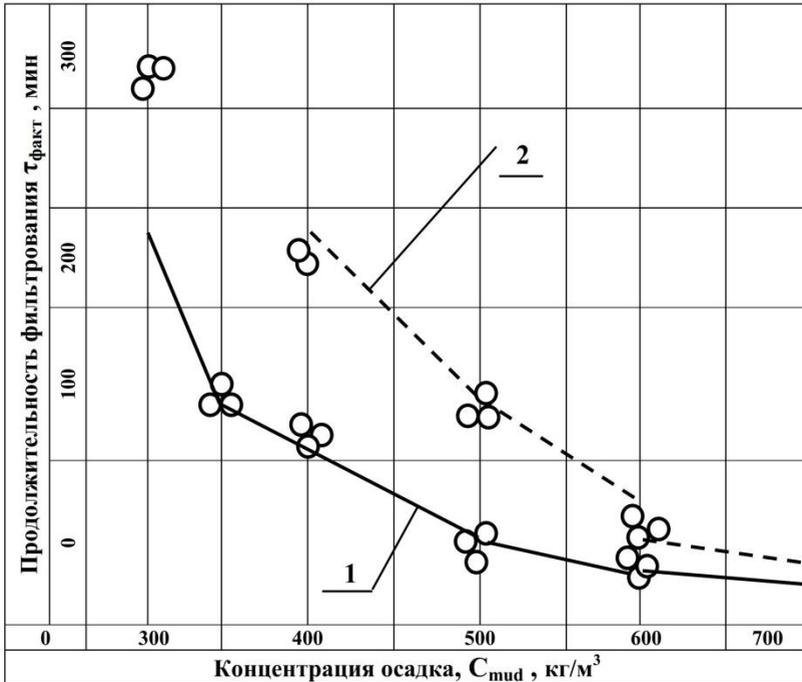
**Зависимость концентрации взвешенных веществ
в сливной воде C_{ex} от продолжительности
пребывания смеси в сооружении t_{0P}**



где 1 – Теоретическая кривая. 2 – Экспериментальная кривая

Приложение 12

Зависимость времени (продолжительности) фильтрации $\tau_{\text{факт}}$ от концентрации суспензии уплотнения C_{mud}



где 1 – Теоретическая кривая, при УСФ равной $2 \cdot 10^{-16} \text{ м}^{-2}$,
вязкости $M = 10^{-3} \text{ Нс 1 м}^2$. 2 – Экспериментальная кривая

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД. СОСТАВ И СВОЙСТВА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	6
2. ПОКАЗАТЕЛИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	11
3. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	21
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД. УТИЛИЗАЦИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	52
5. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	56
6. ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	58
7. РАДИАЦИОННЫЙ СПОСОБ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ.....	60
8. КОМПОСТИРОВАНИЕ – БИОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....	61
9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ.....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	98
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	100

Составители:

*Сейитбек Толомушевич Иманбеков,
Эльмира Белековна Ибраимова,
Рахат Шергазиевна Мамбетова,
Кубанычбек Токтоболотович Абдылдабеков*

ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Учебно-методическое пособие
для студентов специальностей
«Водоснабжение и водоотведение»

Редактор *Н.В. Шумкина*
Компьютерная верстка *Д.Ю. Иванова*

Подписано в печать 20.01.2020.
Печать офсетная. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.
Объем 7,0 п. л. Тираж 100 экз. Заказ 51

Издательство КРСУ
720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44

Отпечатано в типографии КРСУ
720048, г. Бишкек, ул. Анкара, 2а